VIII. *Ueber die Structur und die chemischen Eigenschaften der thierischen Bestandtheile der Knorpel und Knochen; von J. Müller.*

Untersuchungen, welche ich vor einiger Zeit über die Structur und die chemischen Eigenschaften des Knorpels der Knorpelfische [1]) anstellte, führten mich zu weiteren Beobachtungen über die Structur der Knochen und die thierischen Bestandtheile der Knochen und Knorpel bei den Wirbelthieren mit knöchernem Skelet. Einiges davon ist gelegentlich mitgetheilt worden [1]), dürfte aber den Lesern dieser Zeitschrift weniger bekannt geworden seyn. Mehrere Beobachtungen, namentlich über die chemischen Verschiedenheiten der Knorpel bei den höheren Thieren habe ich noch nicht Gelegenheit gehabt, bekannt zu machen. Ich theile sie hier mit im Zusammenhange mit den übrigen Beobachtungen, welche ein näheres Interesse für die Leser einer physikalisch-chemischen Zeitschrift haben dürften.

Ein Hauptgegenstand der Untersuchung mufste seyn, zu ermitteln, ob der Leim der Knochen und Knorpel mit dem Leim der Häute gleiche Eigenschaften hat, ob sich dieser Bestandtheil der Knorpel in den ossificirenden und permanenten Knorpeln gleich bleibt, ob sich die thierischen Bestandtheile bei der Ossification des Knorpels umwandeln. In der That finden in dieser Beziehung grofse und constante Verschiedenheiten statt, worüber bis jetzt keine Erfahrungen vorliegen. Die permanenten Knor-

1) Vergleichende Anatomie der Myxinoiden. Abhandlungen der Königlichen Academie der Wissenschaften zu Berlin aus dem Jahre 1834, S. 65.

2) Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin, 1836. Jahresbericht VI.

pel geben beim Kochen eine Art des Leims, die vom gewöhnlichen Leim ganz abweicht, und welche hinwieder nicht in allen Knorpeln und gar nicht in den Knochen vorkömmt. Die durch Kochen aus dem Knorpel der Knorpelfische gewonnene Materie stimmt in den Hauptpunkten mit dem Leim der permanenten Knorpel der höheren Thiere überein. Indefs giebt es auch hier grofse Verschiedenheiten, namentlich in Beziehung auf den Gehalt an Kalksalzen, und mit den Verschiedenheiten der chemischen Verhältnisse laufen zum Theil Unterschiede der feineren Structur parallel, die bei einer solchen Untersuchung nicht unbeachtet bleiben dürfen. Die so eigenthümliche Structur der Knorpel bei den Knorpelfischen war bisher noch nicht gekannt. Dagegen ist die Structur der Knorpel bei den höheren Thieren in neuerer Zeit durch mehrere Untersuchungen schon sehr genau bekannt geworden. Um das über die chemischen Eigenschaften der verschiedenen Arten der Knorpel von mir Beobachtete verständlich zu machen, ist es zunächst nöthig, die Hauptverschiedenheiten der Knorpel nach ihrer Structur bei den höheren Thieren namhaft zu machen.

I. Vom Knorpel der höheren Thiere.

A. Bau des Knorpels.

So ähnlich die Knorpel nach ihren äufseren Eigenschaften zu seyn scheinen, so ist doch ihre innere Bildung so wenig als ihr chemisches Verhalten gleich, und wenn der Knorpel der Knorpelfische vom Knorpel der übrigen Thiere verschieden erscheint, so giebt es schon bei einem und demselben Thiere wesentliche Unterschiede dieser Substanz. Der Bau des Knorpels der Knochen ist neulich von Purkinje und Deutsch [1]) wesentlich aufgeklärt worden. Sie haben den Knochenknorpel in

1) Deutsch, *de penitiori ossium structura. Diss. inaug. Vratisl.* 1834.

feinen Lamellen mikroskopisch untersucht, nachdem die Kalkerde durch Säuren entzogen war. Bei der Untersuchung von transversellen Durchschnitten von langen Knochen sahen sie die Querschnitte der Längenkanäle der Knochensubstanz, auf Längendurchschnitten die Längendurchschnitte dieser von Knochenmark gefüllten Kanäle, welche in den spongiösen Knochen durch die Markzellen ersetzt werden. Die Verfasser waren so glücklich die Schichtbildung des Knochenknorpels zu entdecken. Auf transversellen Durchschnitten zeigen sich nämlich um jedes Knochenkanälchen concentrische dünne Streifen, und auf den Radialdurchschnitten sieht man, dafs diese concentrischen Streifen der Länge nach verlaufende, die Kanälchen umgebende Lamellen sind, deren Durchmesser $\frac{1}{450}''$ beträgt. Die Zwischenräume zwischen den Systemen der concentrischen Schichten um die verschiedenen Markkanälchen werden von Lamellen ausgefüllt, die in grofsen Kreisen um die grofse Markhöhle des Knochens laufen, und ähnliche Schichten bildet die äufserste Rinde des Knochens. An den breiten Schädelknochen und anderen platten Knochen liegen die Schichten parallel mit der Fläche derselben. Diese Schichten sieht man nicht allein bei mikroskopischer Untersuchung des Knochenknorpels, sondern auch zuweilen ziemlich deutlich bei mikroskopischer Beobachtung feingeschliffener Knochenplättchen. Am Knorpel von Knochen, deren Kalkerde durch Säuren entfernt ist, kann man durch längere Maceration in Wasser auch die Schichten von einander trennen und ablösen. Eine andere sehr interessante Entdeckung von Purkinje ist, dafs der mikroskopisch untersuchte Knorpel der Knochen viele zerstreute ovale Körperchen enthält, welche, nach Miescher's [1]) Untersuchungen, nicht allein in den Knorpeln der Knochen, sondern auch im Callus der zerbrochenen Knochen,

1) Miescher, *de ossium genesi structura et vita. Diss. inaug. Berol.* 1836.

in noch nicht ossificirten Skelettheilen, in den nur in Alter ossificirenden Knorpeln des Kehlkopfes und der Rippen und selbst in pathologischen Ossificationen vorkommen. Nach den von Miescher angestellten Messungen beträgt der Längendurchmesser derselben im Knochenknorpel 0,0048 bis 0,0072, der Breitendurchmesser 0,0017 bis 0,0030 engl. Lin. Im Knochenknorpel liegen die Knorpelkörperchen mehrentheils mit ihrem Längendurchmesser nach der Richtung der Schichten. Sie sind nur wenig undurchsichtiger als die Zwischensubstanz. Ob sie hohl oder solid sind, läfst sich nicht leicht ausmitteln. Zuweilen sieht man in ihnen etwas Feinkörniges, das nicht gerade den ganzen Umfang des Körperchens ausfüllt; so sieht man es auch in den Knorpeln, die noch nicht ossificirt sind, wie an dem knorpeligen Theil des Schädels der Frösche. In den Rippenknorpeln sind die Knorpelkörperchen sehr unregelmäfsig, öfter mehrere aneinander gereiht, in vielen sieht man in der Mitte einen Kern. Es gelingt zuweilen, auf feinen Durchschnitten von Rippenknorpeln ein Körperchen am Durchschnittsrande zu sehen. Hier zeigt es sich nicht als blofse Höhlung des Knorpels, sondern ragt hervor; es scheint also in den Aushöhlungen der Knorpelsubstanz ein anderer Theil enthalten zu seyn, von dem es zweifelhaft ist, ob er selbst hohl ist. Bei den Knorpelfischen dagegen scheint der Inhalt weicher oder ganz flüssig zu seyn; denn bei Petromyzon sieht man an manchen Stellen die gewöhnlichen Knorpelkörperchen, an anderen Stellen ganz deutliche Durchschnitte von grofsen Zellen mit dünnen Knorpelwänden, und an manchen Stellen sieht man, was man anderswo als Knorpelkörperchen ansprach, durch allmälige Uebergänge Zelle werden [1]). Siehe Fig. 6 Taf. IV.

W. und Fr. Arnold [2]) haben am Knorpel der Kno-

1) Vergleichende Anatomie der Myxinoiden, S. 125.

2) Tiedemann's Zeitschrift f. Physiol. Bd. V Hft. 2 S. 226.

chenansätze und an dem ossificirenden Knorpel in den von einander sich loslösenden Stücken eine fasrige Bildung gesehen. Im Knorpel des Erwachsenen sahen sie Räume, die unregelmäfsige Vier-, Fünf- und Sechsecke darstellen, zuweilen rundlich oder oval waren. In diesen fanden sich Häufchen von zusammengedrängten Bläschen; in der Zwischensubstanz Fasern. Dafs die Grundmasse des Knorpels wirklich Fasern enthalte, erkennt man noch an einigen anderen Umständen. E. H. Weber führt den faserigen Bruch in dem Knorpel an. Der Knochenknorpel läfst sich nach Extraction der Kalkerde nur in bestimmten Richtungen in ganz feine Lamellen reifsen und zasert sich auch in dieser Richtung beim Abreifsen der feinen Lamellen; in solchen zerrissenen Lamellen sieht man mit dem Mikroskop besonders leicht eine undeutlich faserige Structur.

Die Knorpelkörperchen des Knochenknorpels sind auch in den Hautknochen derjenigen Thiere, deren inneres Skelet Knorpelkörperchen enthält, wie in den Hautknochen der Gürtelthiere, wo ich sie sehr deutlich fand; gleichwohl sind diese Körperchen keine allgemeine Erscheinung in allen Knochenknorpeln. Ich vermifste sie in den Hautknochen der Ostracion, in den Knochenschildern der Störe, und auch in dem Knochenknorpel des innern Skelets der Knochenfische vermifste ich sie sehr häufig. In krankhaft erzeugten Knochengeweben des Menschen kommen sie häufig vor. In einer Ossification im Deltamuskel des Menschen, dem sogenannten Exercirknochen, waren die Körperchen deutlich, in Ossificationen der Aorta fand sie Miescher nicht; in den kalkhaltigen Concretionen, welche für blofse Depositionen von Kalksalzen, nicht aber für organisirte Knochen zu halten sind, darf man sie nicht erwarten.

Im Knochenknorpel des Menschen, der Säugethiere, Vögel, Amphibien scheinen die Knorpelkörperchen allgemein zu seyn, aber in den übrigen Knorpeln des Men-

schen und der Säugethiere sind grofse Verschiedenheiten, welche von Hrn. Miescher entdeckt worden. Nach ihrem Bau gehören nämlich die Knorpel drei verschiedenen Klassen an.

1) Die erste umfafst die Knorpel mit deutlichen Körperchen. Hieher gehören die mehrsten sogenannten permanenten Knorpel, die nur in einzelnen Fällen bei den Thieren oder im Alter beim Menschen ossificiren, wie die Rippenknorpel, die Knorpel des Kehlkopfes und der Luftröhre, die Nasenknorpel (auch der Knorpel der eustachischen Trompete, wie ich beim Kalb sehe), und die Gelenkknorpel. Diese Knorpel zeichnen sich mit vor den übrigen durch ihre Tendenz zur Verknöcherung aus. Die Rippenknorpel stellen schon bei mehreren Säugethieren Sternalrippen dar. Die Kehlkopfknorpel verknöchern leicht beim Menschen. Die Nasenflügelknorpel enthalten eine Ossification bei mehreren Säugethieren, es sind die Rüsselknochen; der Knorpel der Nasenscheidewand beim Frosch knorpelig, erscheint bei Dactylethra und Pelobates ossificirt. Selbst bei den Säugethieren giebt es Fälle von regelmäfsiger Verknöcherung der knorpeligen Nasenscheidewand. Man kannte diese Erscheinung bisher nur von einem fossilen Säugethiere, dem Rhinoceros tichorhinus; ich habe sie auch bei einem Säugethiere der lebenden Welt beobachtet, es ist das aethiopische Schwein, *Phacochoerus aethiopicus*, im alten Zustande.

2) Die zweite Klasse der Knorpel umfafst diejenigen mit ganz spongiöser, durch und durch zelliger Bildung, wobei die Knorpelsubstanz blofs die Wände der ansehnlichen Zellen einnimmt. Miescher hat diese Bildung in einigen entweder gar nicht oder sehr schwer ossificirenden Knorpeln entdeckt. Es sind der Ohrknorpel, der Knorpel des Kehldeckels und die knorpeligen Fortsätze am vorderen oberen Rande der Cartilagines arytenoideae des Schweines und Ochsen, welche den San-

torinischen Knorpeln zu entsprechen scheinen. Verknöcherungen in den Knorpeln dieser Klasse sind äufserst selten. Leuckart hat eine regelmäfsige Ossification im Ohrknorpel des Meerschweinchens, *Cavia aperea*, entdeckt; sie fehlt schon, wie ich sehe, bei dem verwandten *Aguti*. Von pathologischer Ossification des Ohrknorpels kenne ich nur einen einzigen Fall, nämlich im hiesigen Museum; an einem Kehldeckel in derselben Sammlung befinden sich einige Knochenpunkte.

3) Die dritte Klasse umfafst die eigentlichen Faserknorpel, Zwischengelenkknorpel, Bandscheiben der Wirbel, deren innere Bildung nach Miescher aus Fasern besteht, und welche sich nahe an das Sehnengewebe anschliefsen; hieher gehört unter den Knorpeln der Sinnesorgane allein der Augenliedknorpel. Die von Bichat zu den Faserknorpeln gerechneten Knorpel der Nase, des Ohrs und der Luftröhre gehören, wie Miescher zeigt, nicht dahin. Die Faserknorpel verknöchern schwer, aber man sieht diese Veränderung zuweilen in den ligamenta interverterablia. Wir werden sehen, dafs die chemische Untersuchung uns auch wesentliche Unterschiede unter den Knorpeln zeigt.

B. Verschiedene Arten des Leims in den Knorpeln, Knochen und anderen Geweben.

Unter den Versuchen, die thierischen Gewebe nach ihren näheren chemischen Bestandtheilen zu ordnen, scheint mir keine Eintheilung glücklicher und naturgemäfser als die Unterscheidung der eiweifsartigen und der leimgebenden Gewebe. Die Klasse der eiweifsartigen Körper umfafst bekanntlich das Eiweifs im engeren Sinne, den Faserstoff und den Käsestoff; die beiden ersteren gehen in die Zusammensetzung thierischer Gewebe ein. Die essigsaure Auflösung dieser Stoffe wird, wie Berzelius zeigt, von rothem Cyaneisenkalium gefällt. Die zweite Klasse der Gewebe, welche eben die der leimgebenden Gewebe

genannt wurde, umfafst die niederen, welche zum Theil mehr durch ihre physikalischen Eigenschaften nützlich sind; ihre essigsaure Auflösung wird von Cyaneisenkalium nicht gefällt. Hieher gehören, nach Berzelius, Zellgewebe, äufsere Haut, Knorpelgewebe, Sehnengewebe, elastisches Gewebe. Die einfachen Materien aber, deren essigsaure Auflösung von rothem Cyaneisenkalium nicht gefällt wird, sind bekanntlich Leim, Osmazom und Speichelstoff. Der erstere geht hauptsächlich in die Zusammensetzung der niederen Gewebe ein. Berzelius unterscheidet beide Klassen der Körper durch das Verhalten zum Kaliumeisencyanid, und dieser Unterschied ist auch allein durchgreifend, so lange man annimmt, dafs die innere Haut der Arterien oder das elastische Gewebe beim Kochen keinen Leim gebe, und dafs es auch nicht leimgebende Knorpel gebe. Eulenberg hat nun beobachtet, dafs das elastische Gewebe in dieser Hinsicht keine Ausnahme macht, obgleich es selbst nach sehr langem Kochen elastisch bleibt. Alles elastische Gewebe, auch die mittlere Haut der Arterien, giebt nach lange genug (48 Stunden) fortgesetztem Kochen entschieden Leim, und man erhält aus den schon ausgezogenen Theilen durch neues Kochen immer wieder neuen Leim, so dafs man den Leim nicht blofs vom Zellgewebe herleiten kann. Diefs wird auch dadurch bewiesen, dafs, wie ich fand, der Leim des elastischen Gewebes sich durch seine Reactionen vom Leim des Zellgewebes unterscheidet. Auch die innere Haut der Arterien gehört zu den leimgebenden Geweben. Die Eintheilung der Knorpel in leimgebende und nicht leimgebende, welche ausgezeichnete Autoritäten, wie Berzelius und E. H. Weber für sich hat, scheint mir in aller Strenge auch nicht mehr festzuhalten; diese Unterscheidung verschwindet zum Theil, wenn man das Kochen der Gewebe 12, 21, 48 Stunden fortsetzt. Miescher fand schon, dafs die Kehlkopfknorpel in 15 Stunden durch Kochen in Leim gelöst wurden. Dasselbe

gelang mir in 12 bis 15 Stunden; dieser Leim gelatinirt vollkommen. Berzelius rechnete schon die Rippenknorpel zu den leimgebenden; in der That stimmen sie ganz mit den Kehlkopfknorpeln, und der Leim bildet auch eine gute Gallerte. Ich erhielt auch aus den Gelenkknorpeln, welche die Oberfläche der Gelenkköpfe bedecken, in 18 bis 20 Stunden gelatinirenden Leim. Zwischengelenkknorpel, wie die Cartilagines semilunares gaben mir ferner nach sehr langem Kochen gelatinirenden Leim.

Da die Nasenknorpel mit den Kehlkopf- und Rippenknorpeln, die Augenliedknorpel mit den Faserknorpeln durch ihre Structur übereinstimmen, so ist es wahrscheinlich, dafs sie auch Leim geben. Es bleiben daher von den Knorpeln, welche Berzelius und E. H. Weber als nicht leimgebend ansehen, nur die Ohrknorpel übrig. Diese bilden allerdings, wie Miescher fand, mit dem Kehldeckel eine eigene Klasse von Knorpeln, die spongiösen Knorpel, deren anatomische Charaktere vorher angeführt worden sind; und merkwürdig genug zeichnen sich diese Knorpel vor allen anderen dadurch aus, dafs man selbst in 36 bis 48 Stunden keinen gelatinirenden Leim aus ihnen durch Kochen gewinnt. Die geringe Menge von Extract, die man aus ihnen gewinnt, bleibt nach dem Eindicken nur syrupartig. Nach 36stündigem Kochen gelatinirte das Extract nicht in Miescher's Versuch, und dasselbe Resultat erhielt ich bei 48stündigem Kochen. Da indefs auch der Leim der Fischknochen nicht recht gelatinirt, obgleich er in allen Eigenschaften mit Leim übereinkömmt, da ferner das durch Kochen gewonnene Extract der Ohrknorpel chemisch fast ganz mit der gelatinirenden Leimart von Gelenkknorpel, Kehlkopfknorpel, Rippenknorpel übereinstimmt, wie ich fand, so scheint mir kein hinreichender Grund mehr für eine solche Trennung der Knorpel in leimgebende und nicht leimgebende vorhanden zu seyn. Die Gewebe, deren essig-

saure Auflösung durch Cyaneisenkalium nicht gefällt wird, oder die nicht eiweifsartigen Fasern der Haut, Sehnengewebe, Zellgewebe, elastisches Gewebe, Knorpelgewebe können also wohl unter dem gemeinsamen Namen der leimgebenden Gewebe zusammengefafst und als solche den eiweifsartigen gegenübergestellt werden. Die Zeit, welche nöthig ist, um thierische Materie aus diesen Geweben auszuziehen, ist sehr verschieden. Bald geben Sehnengewebe, Zellgewebe, Knochengewebe (geraspelte Knochen) Leim, am schnellsten vielleicht Hirschhorn; später die permanenten Knorpel mit Knorpelkörperchen und die noch knorpeligen Theile des Skelets des Neugebornen, dann die Faserknorpel, noch später das elastische Gewebe; am spätesten erhält man einiges Extract aus den spongiösen Knorpeln wie Ohrknorpel. Da die Klasse der eiweifsartigen Körper Stoffe von grofsen Verschiedenheiten in sich schliefst, wie Eiweifs, Faserstoff, Käsestoff, so sollte man glauben, auch die vielen Körper, welchen das Kochen ein gelatinirendes Extract entzieht, müfsten nicht alle eine und dieselbe Materie in diesem Extract liefern. So ist es auch. Es giebt nämlich zwei Hauptverschiedenheiten des Leims, den gewöhnlichen *Leim, Tischlerleim*, *Colla*, und eine davon sehr verschiedene Leimart, die man *Knorpelleim*, *Chondrin* nennen kann. Ich entdeckte diese Materie zuerst in einer pathologischen Knochengeschwulst von knorpelig weichem Inhalt in der blasig aufgetriebenen Rinde des Knochens; hernach fand ich dieselbe Materie in den permanenten Knorpeln, mit Ausschlufs der Faserknorpel, in denen sie fehlt. Das durch langes Kochen aus den Knorpeln der Knorpelfische gewonnene Extract steht dieser Materie sehr nahe, obgleich jene schlecht oder gar nicht, diese sehr gut gelatinirt, und der Leim des elastischen Gewebes zeigt auch eine theilweise Uebereinstimmung damit.

1) Colla, Tischlerleim, Leim der Knochen, Sehnen, Häute, Hausenblase. Die Charaktere dieses Leims sind be-

kannt, wie auch, dafs sich Hausenblase von gewöhnlichem Leim oder Tischlerleim nur durch ihre gröfsere Löslichkeit in Weingeist unterscheidet. Der Leim wird von Galläpfelinfusion, Chlor, Weingeist, Quecksilberchlorid, schwefelsaurem Platinoxyd, Platinchlorid gefällt; er wird dagegen nicht von Salzsäure, Essigsäure, essigsaurem Blei, Alaun, schwefelsaurer Thonerde, schwefelsaurem Eisenoxyd niedergeschlagen. Das schwefelsaure Eisenoxyd fällte anfangs den gewöhlichen Tischlerleim nicht; nach einiger Zeit stellte sich jedoch, bei Versuchen mit käuflichem Tischlerleim, ein Niederschlag ein, dieser löste sich in der Wärme wieder auf.

2) Knorpelleim, Chondrin. Diese Materie findet sich in den permanenten Knorpeln mit Ausnahme der Faserknorpel; man gewinnt sie durch 12-, 15-, 18stündiges Kochen aus den Knorpeln des Kehlkopfs, den Rippenknorpeln, Gelenkknorpeln, und kann sie bei lange genug fortgesetztem Kochen ganz darin auflösen. Sie ist eingedampft farbloser als Tischlerleim. Sie gesteht beim Kaltwerden einer eingedampften Lösung eben so gut wie Leim; die Gallerte ist klar; im getrockneten Zustande ist die Materie weniger braun als gewöhnlicher Leim. Stimmt der Knorpelleim durch das Gelatiniren, durch sein Aufquellen von kaltem Wasser und Gelöstwerden von heifsem Wasser, durch seine Reactionen gegen Galläpfelinfusion, Chlor, Weingeist, Quecksilberchlorid mit gewöhnlichem Leim ganz überein, so unterscheidet er sich ganz davon durch sein Verhalten gegen Alaun, schwefelsaure Thonerde, Essigsäure, essigsaures Blei und schwefelsaures Eisenoxyd. Alle diese Materien fällen den Knorpelleim, während sie den gewöhnlichen Leim nicht im geringsten trüben. Am stärksten sind die Niederschläge von Alaun und schwefelsaurer Thonerde; sie bilden grofse, weifse, compacte Flocken, welche sich leicht zusammenballen. Der Niederschlag von Essigsäure ist feiner vertheilt und macht die Auflösung stark weifs getrübt;

die Niederschläge von essigsaurem Blei und schwefelsaurem Eisenoxyd bilden kleinere oder gröfsere Flocken, nach dem Grade der Concentration der Auflösung. Um allen Knorpelleim aus einer Auflösung auszufällen, reicht äufserst wenig von einer Auflösung von Alaun oder von schwefelsaurer Thonerde hin. Diese Niederschläge lösen sich in kaltem und heifsem Wasser nicht wieder, wohl aber in einer Auflösung von Alaun oder von schwefelsaurer Thonerde wieder auf, wenn man viel von dieser Auflösung zusetzt. Um den Knorpelleim aus einer Auflösung ganz auszufällen, mufs man daher nur tropfenweise von einer Auflösung von Alaun oder schwefelsaurer Thonerde hinzugiefsen. Durch Abdampfen des Filtrates überzeugt man sich leicht, dafs aller Knorpelleim ausgefällt worden. Das abgedampfte Filtrat gelatinirt nicht mehr und enthält überhaupt nur ein Minimum von thierischer Materie mehr. Hieraus ergiebt sich, dafs der Knorpelleim oder das Chondrin die Ursache des Gelatinirens des Extractes von permanenten Knorpeln ist, und nicht etwa als eine zweite Materie neben gewöhnlichem Leim vorhanden ist. Wahrscheinlich ist der Niederschlag von Alaun und schwefelsaurer Thonerde eine Verbindung von Chondrin mit Alaun oder schwefelsaurer Thonerde oder mit Thonerde, welche Verbindung in kaltem und heifsem Wasser unlöslich, in überschüssigem Alaun oder schwefelsaurer Thonerde löslich wird. Der Niederschlag des Chondrins von Essigsäure wird von mehr Essigsäure *nicht* wieder aufgelöst, neutralisirt man aber die Säure durch kohlensaures Kali, so wird der Niederschlag wieder aufgelöst. Die Niederschläge von Alaun, von schwefelsaurer Thonerde und Essigsäure werden von wenig zugesetztem essigsaurem Kali, Natron oder Chlornatrium nicht aufgelöst; versetzt man aber eine Auflösung von Knorpelleim, worin dieser durch Alaun, schwefelsaure Thonerde oder Essigsäure niedergeschlagen worden, mit sehr viel essigsaurem Kali, Natron oder Kochsalz, so

löst sich der Niederschlag vollständig wieder auf. Der Niederschlag des Chondrins von essigsaurem Blei wird durch überschüssig zugesetztes essigsaures Blei nicht wieder aufgelöst. Schwefelsaures Eisenoxyd bewirkt auf der Stelle einen sehr starken Niederschlag, der sich von mehr schwefelsaurem Eisenoxyd nicht, wohl aber in der Hitze auflöst.

Salzsäure im Minimum einer Auflösung von Knorpelleim zugesetzt, bewirkt eine Fällung; um diese Fällung zu bewirken, darf jedoch bei einer Probe nur etwas von einem Tropfen Salzsäure angewandt werden, mehr Salzsäure fällt den Knorpelleim nicht und bleibt derselbe ganz klar. Die Auflösung des Chondrins in Salzsäure wird von Kaliumeisencyanid nicht niedergeschlagen.

Eine ganz concentrirte Lösung von Knorpelleim wird von liquor kali caustici nicht getrübt, aus einer concentrirten Lösung von Leim schlägt Kalihydrat viel nieder, und dieser Niederschlag enthält, nach Berzelius, viel phosphorsaure Kalkerde. Von Platinchlorid wird der Knorpelleim getrübt, von salpetersaurem Silber dagegen kaum getrübt.

Weingeist fällt das Chondrin wie den Leim, und wenn er zu einer eingedampften Lösung zugesetzt wird, in weifsen, consistenten, fadenartigen Flocken; wird der Weingeist abfiltrirt und Wasser zugesetzt, so wird der Niederschlag wieder durchscheinend und in heifsem Wasser löst er sich ganz auf. Hierin stimmt das Chondrin mit Colla überein. Was der Weingeist auszieht (Osmazom), ist, abgedampft, in Wasser wieder löslich, und wird von Galläpfeltinktur getrübt. Der Niederschlag der eingedampften Auflösung des Chondrins von Weingeist, in Wasser wieder aufgelöst, wird wieder, wie vorher, von Alaun, schwefelsaurer Thonerde, Essigsäure, essigsaurem Blei und schwefelsaurem Eisenoxyd gefällt. Das eingedampfte Weingeistextract des Chondrins in Wasser gelöst, wird von eben diesen Stoffen nicht gefällt.

Die Niederschläge von jenen Stoffen enthalten also dieselbe Materie wie der Niederschlag der eingedickten Lösung von Weingeist.

Wir kennen unter den gewöhnlichen thierischen Materien bis jetzt nur eine einzige, welche von Essigsäure fällbar ist, nämlich Käsestoff. Dieser unterscheidet sich von dem Knorpelleim durch das Gelatiniren der abgedampften Lösung des letztern, so wie durch das Verhalten zur Salzsäure und zum Kaliumeisencyanid. Die saure Auflösung von Käsestoff wird von Kaliumeisencyanid niedergeschlagen, wie Berzelius bemerkt, die salzsaure Lösung von Chondrin nicht. Die Salzsäure fällt den Käsestoff, das Chondrin läfst sie aufgelöst, und bewirkt blofs dann einen Niederschlag, wenn ein Minimum davon zugesetzt wird. Auch das in der Schleimhaut des Lab's enthaltene Verdauungsprincip, welches durch sehr verdünnte Säuren daraus ausgezogen werden kann, kann zur Untersuchung von Chondrin und Käsestoff angewandt werden. Diefs Princip (*pepsin*), welches im sauren Zustande im Minimum lösend auf thierische Nahrungsmittel wirkt, das geronnene Eiweifs dabei in Osmazom und Speichelstoff umwandelt [1]) und Monate lang aufbewahrt, dieselbe specifische Wirksamkeit auf Thierstoffe behält, macht auch im neutralen Zustande die Milch bei einem gewissen Verhältnifs der Quantitäten, gerinnen, wie Schwann zeigte; auf das Chondrin hat es im neutralen Zustande keinen Einflufs. Die Anwendung der Essigsäure zur Erkennung des Käsestoffs dürfte übrigens forthin Vorsicht erfordern, da sie offenbar zur Erkennung dieses Stoffes nicht hinreicht.

1) S. über diese Wirkungen: Eberle Physiologie der Verdauung. Würzburg 1834. J. Müller und Schwann über die künstliche Verdauung des geronnenen Eiweifses, in Müller's Archiv für Anat. und Physiol. 1836, 1; und über die chemischen Eigenschaften des Verdauungsprincips; die wichtige Arbeit von Schwann. Ebend. 1. und 2.

Ich habe mir die Frage aufgeworfen, ob die verschiedenen Reactionen des Leims und Chondrins nicht von der Bereitung des erstern herrühren, und ob derselbe, im ganz reinen Zustande und aus frischen Theilen bereitet, sich nicht vielleicht wie Chondrin verhalte, oder ob vielleicht der Knorpelleim erst durch das lange Kochen aus anderem Leim erzeugt wird. Die Bereitung ist indefs nicht Ursache der Verschiedenheit. Dafs die eigenthümlichen Reactionen des Knorpelleims nicht erst durch das lange Kochen entstehen, kann leicht bewiesen werden; denn auch Faserknorpel und die Haut erfordern langes Kochen um Leim zu geben, dieser Leim ist aber Colla und kein Chondrin. Aufserdem ist 15- bis 18stündiges Kochen, wie es zur Auflösung von Rippenknorpeln, Kehlkopfknorpeln in Chondrin nöthig ist, kein grofser Zeitraum für Leimbildung, wenn es auf die gänzliche Auflösung einer Substanz ankommt. Dann geben diese Knorpel schon nach 6- bis 8stündigem Kochen so viel aufgelöstes Chondrin, dafs man, wenn auch keine Gelatina bereiten, doch sehr gut die eigenthümlichen Reactionen des Chondrins erkennen kann. Endlich bleibt auch der Leim nach langem Kochen in Hinsicht der Reactionen dieselbe Materie. Die keineswegs sorgfältige Bereitung des Tischlerleims im Grofsen ist auch nicht die Ursache der Reactionen desselben. Schon der reinste käufliche Leim, die Hausenblase, unterscheidet sich so bestimmt vom Chondrin wie Tischlerleim. Um aber noch sicherer zu gehen, habe ich mir selbst Leim aus ganz frischen Theilen, nämlich von Sehnen, von Haut, bereitet. Dieser Leim verhält sich eben so verschieden von Chondrin, und gleicht, bis auf die reinere und hellere Färbung, ganz dem Tischlerleim. Auch den aus geraspeltem Hirschhorn und geraspelten Knochen, so wie den ganz gleichen, aus Knochenknorpel, nach Extraction der Kalksalze, bereiteten Leim finde ich ganz von dem Knorpelleim verschieden. Ich mufste mir ferner die Frage aufwerfen, ob die Verschie-

denheiten des Leims und Chondrins nicht von der Verbindung eines Salzes oder andern Körpers mit einem von beiden herrühren, so z. B. dafs Chondrin, mit einem Salze verbunden, Leim wäre. Ein Umstand erinnert daran, dafs nämlich die Fällungen des Chondrins von Alaun, schwefelsaurer Thonerde und Essigsäure aufgehoben werden, wenn sehr viel essigsaures Kali oder sehr viel Kochsalz zu der Lösung von Chondrin gesetzt wird. Die Menge des Salzes, welche nöthig ist, um diese eigenthümlichen Reactionen des Chondrins aufzuheben und es gleichsam dem Leim ähnlich zu machen, ist indefs sehr grofs, und diefs ist jener Idee nicht günstig, wenn sie auf der andern Seite einige Stütze dadurch erhält, dafs es hinwieder nach Berzelius Verbindungen des Leims mit Salzen, z. B. essigsaurem Kali und schwefelsaurem Kali giebt. Man könnte ferner auch in dem Chondrin eine Verbindung von einem Salz mit Leim vermuthen. Diese Hypothese würde aber die Aufhebung der eigenthümlichen Reactionen des Chondrins gegen Alaun und Essigsäure durch essigsaures Kali und Chlornatrium nicht aufklären. Die Verbindungen von essigsaurem Kali und Leim und die Verbindung von schwefelsaurem Kali mit Leim haben übrigens keine Aehnlichkeit mit Chondrin. Denn die erstere Verbindung ist in Alkohol löslich, die zweite krystallisirt beim Verdunsten des Wassers.

Da der Leim viel phosphorsaure Kalkerde enthält, so könnten Leim und Chondrin durch diese Verbindung ihre Verschiedenheiten erhalten. Der Umstand, dafs eine Lauge von kaustischem Kali aus einer concentrirten Auflösung von Leim phosphorsaure Kalkerde niederschlägt, dafs dieselbe aber nichts aus einer concentrirten Auflösung von Knorpelleim fällt, könnte dieser Idee günstig seyn, und eine Bestätigung würde um desto wichtiger seyn, als aufser dem Leim der Sehnen und Häute gerade der Knochenleim, dessen concentrirte Lösung, wie ich sehe, auch von Kalihydrat gefällt wird, sich an den ge-

wöhnlichen Leim anschliefst, während der Leim des noch nicht ossificirten Theils des Knochens sich wie permanenter Knorpel verhält, und beim Kochen, statt Leim, Chondrin giebt. Die Natur des Chondrins würde sich dann durch Verbindung mit phosphorsaurer Kalkerde zur Zeit der Ossification umwandeln, und diese Verwandlung zur Osteogenese nothwendig seyn, so wie sich factisch in den Knochen Chondrin in Leim umbildet, und pathologisch in weichen knorpeligen Knochengeschwülsten wieder Chondrin zum Vorschein kommt, wie ich hernach ausführlich erweisen werde. Um sich länger bei dieser Idee, dafs Knorpelleim durch Bindung von phosphorsaurer Kalkerde in Leim sich umwandeln könne, aufzuhalten, müfste sie indefs durch eine Gegenprobe unterstützt werden können, welche fehlt. Ich habe versucht Chondrin mit phosphorsaurer Kalkerde zu verbinden, indem ich eine Auflösung von Knorpelleim mit saurer phosphorsaurer Kalkerde versetzte und die Säure dann durch kohlensaures Kali neutralisirte, wodurch die neutrale phosphorsaure Kalkerde gefällt wurde. Ich erwartete, dafs sich ein Theil der phosphorsauren Kalkerde mit dem Knorpelleim auflöslich verbunden haben würde, und hoffte, die Reactionen dieser Verbindung zu untersuchen; allein nachdem filtrirt worden, enthielt das Filtrat keinen Knorpelleim mehr, denn Galläpfeltinktur schlug daraus nichts nieder. Ich versuchte diese Bindung auch in der Art, dafs ich eine ganz concentrirte Auflösung von Knorpelleim mit Kalkwasser versetzte und durch Phosphorsäure neutralisirte. Das Filtrat hatte aber noch alle Eigenschaften des Knorpelleims. Auch das mit Kalkwasser versetzte Chondrin behält seine Reactionen gegen Essigsäure und essigsaures Blei. Der Niederschlag von schwefelsaurer Thonerde kann hier nicht angeführt werden, da diese unter den erwähnten Umständen Gyps niederschlagen mufs. Auch durch Behandlung von Chondrin mit der Asche von Leim liefs sich kein Leim bilden.

3) *Leim des elastischen Gewebes.* Der Leim von

elastischem Gewebe nähert sich mehr dem Knorpelleim als dem gewöhnlichen Leim. Er wird nämlich von essigsaurem Blei getrübt, von Essigsäure sehr stark getrübt, von Zusatz von Alaun oder von schwefelsaurer Thonerde wird er gefällt und von schwefelsaurem Eisenoxyd kaum getrübt. Der Niederschlag von schwefelsaurer Thonerde löste sich in überschüssiger schwefelsaurer Thonerde nicht. In einigen Punkten entfernt sich dieser Leim von dem Knorpelleim, aber nur in einem Punkt stimmt er mit dem gewöhnlichen Leim.

C. Verbreitung der verschiedenen Leimarten in den gesunden und kranken Geweben.

1) *Haut.* Die Haut giebt, wie sich erwarten liefs, beim Kochen den gewöhnlichen Leim und kein Chondrin. Die Theorie des Weifsgerbens leitet auf die Idee, dafs der Leim der Haut von Chloraluminium niedergeschlagen werde. Das Weifsgerben besteht bekanntlich darin, dafs die Häute in eine gemengte Auflösung von Alaun und Kochsalz gelegt werden. Das hierbei entstehende Chloraluminium schlägt indefs den gewöhnlichen Leim nicht nieder. Ich kochte getrocknete Stücke von Haut, die, zum Weifsgerben bestimmt, früher mit Kalkhydrat behandelt worden, wodurch die Haare von den Häuten abgelöst waren. Der aus diesen Stücken bereitete Leim hatte die Eigenschaften des gewöhnlichen Leims; auch die frühere Behandlung mit Kalkhydrat hatte ihm keine Fällbarkeit von Alaun, schwefelsaurer Thonerde, Essigsäure, essigsaurem Blei mitgetheilt. Da nun bei Versetzung einer Auflösung von Leim mit Kochsalz und Alaun kein Niederschlag entsteht, so ist eine Theorie des Weifsgerbens noch gar nicht vorhanden. Das Kochsalz kann dem thierischen Gewebe Wasser entziehen und die Fasern der Haut können mit Chloraluminium sich verbindend der Fäulnifs widerstehen; aber der durch Kochen aus thierischen Theilen gewonnene Leim bildet, wenn er sich mit Chloraluminium verbindet, so gut wie mit Alaun

und schwefelsaurer Thonerde eine auflösliche Verbindung.

2) *Sehnengewebe.* Obgleich gewöhnlicher Tischlerleim auch vorzugsweise von sehnigen Theilen gekocht wird, so hielt ich es doch für nöthig reinen Leim aus Sehnen zu untersuchen. Dieser zeigte ganz die Reactionen des gewöhnlichen Leims.

3) *Cornea des Auges.* Sie löst sich durch Kochen in Chondrin.

4) *Elastisches Gewebe.* Ich habe schon vorher erwähnt, dafs der Leim von elastischem Gewebe einige eigenthümliche Reactionen hat. Er wird von essigsaurem Blei gefällt oder stark getrübt, von Essigsäure sehr stark getrübt; von Alaun und schwefelsaurer Thonerde gefällt; aber schwefelsaures Eisenoxyd fällt ihn nicht, und macht ihn nur etwas opalisirend. Das elastische Gewebe hat übrigens, wo es auch vorkömmt, constante Eigenschaften; es ist immer gelblich, besteht unter dem Mikroskop von allen Geweben allein aus Fasern, welche Aeste abgeben und sich mit einander verbinden, wie Lauth fand, Schwann und Eulenberg bestätigt haben. Im Weingeist behält es seine Elasticität ganz unverändert viele Jahre lang. Auch durch Kochen verliert es sie nicht. Beim Menschen und den Säugethieren kennt man das Gewebe bereits von den ligamenta flava der Wirbelbogen, von dem ligamentum hyothyreoideum und cricothyreoideum medium des Kehlkopfes, und den eigentlichen Stimmbändern, von den Längsfasern der Luftröhre und von der mittleren Haut der Arterien. Schwann hat es noch an einigen andern Stellen nachgewiesen, wo es in anderem Gewebe sparsamer eingestreut ist, wie in der Speiseröhre unter der Schleimhaut, am After, in dem lig. suspensorium penis, dem umliegenden Zellgewebe und in den sehnigen Bündeln, welche das corpus cavernosum penis quer durchziehen. Das lig. stilohyoideum besteht daraus. Bei den Thieren findet es sich noch an vielen anderen Stellen. Es bildet das starke ligamentum nuchae der Säugethiere, das

elastische Band der Flügelfalte der Vögel, und fehlt nicht in den Flügeln der Fledermäuse; es kömmt ferner, wie Duvernoy zeigte, in den Wänden des Kehlsackes des Pelecans vor. Die Krallenglieder werden beim Katzengeschlecht durch elastische Bänder zurückgezogen. Bei den Vögeln mit ausstreckbarem penis fand ich ein starkes elastisches Band, zum Zurückziehen des penis bestimmt. Beim afrikanischen Strauſs bildet das elastische Gewebe sogar einen eigenen dicken Körper an der untern Seite des penis. Dieser penis kann nur vorgestreckt, nicht wie ein Handschuh ausgestülpt werden; den letzteren Fall fand ich aber am penis der übrigen straufsartigen Vögel, der Rhea americana, des neuholländischen Casuars. Die Ruthe der letzteren besteht aus dem doppelten fibrösen, mit der Rinne versehenen Theil, und (wie bei den Gänsen) einem langen, eingestülpten, hohlen Theil, der sich ausstülpen kann und durch elastisches Gewebe zurückgezogen wird. Endlich gehört zum elastischen Gewebe auch noch das Schlofsband der Muscheln.

5) *Faserknorpel.* Die Faserknorpel, wohin die Cartilagines interarticulares, die Bandscheiben der Wirbel und die Knorpel der Augenlieder gehören, geben beim Kochen keinen Knorpelleim, sondern gewöhnlichen Leim. Diesen erhielt ich nach langem Kochen der Cartilagines semilunares des Kniegelenks vom Schaf. Er wurde nicht von Essigsäure und Alaun gefällt, gelatinirte übrigens nach dem Eindampfen. Die Faserknorpel stehen dem Sehnengewebe sehr nahe, erfordern aber viel mehr Zeit zum Leimgeben als dieses. Die von Bichat zu den Faserknorpeln gerechneten Ohrknorpel (mit spongiöser Structur) und die Nasenknorpel (mit Knorpelkörperchen) gehören nicht hieher, und enthalten nicht den gewöhnlichen Leim, wie ihn die Faserknorpel geben.

6) *Spongiöse Knorpel.* (Ohrknorpel, Kehldeckel, und knorpelige Anhänge der Cartilagines arytenoideae

beim Rind und Schwein.) Beim Kochen von Knorpeln des Kehlkopfs mufs man sehr vorsichtig verfahren. Denn hier kommen drei Arten von Knorpeln vor. Die Ringknorpel, Schildknorpel, Giefskannenknorpel enthalten Knorpelkörperchen und geben Knorpelleim. Mit ihnen darf man den Knorpel des Kehldeckels nicht kochen, denn er gehört unter die spongiösen Knorpel. Endlich wird auch die dritte Klasse der Knorpel, nämlich der Faserknorpel am Kehlkopf in der Cartilago Wisbergiana (in den Schleimhautfalten, die man ligamenta ary epiglottica nennt) repräsentirt. Dieser letztere Knorpel gehört in eine Categorie mit dem auch in einer Hautfalte liegenden Augenliedknorpel.

Das wenige aus Ohrknorpel durch 48stündiges Kochen zu erhaltende Extract unterscheidet sich vom Leim und Knorpelleim dadurch, dafs es nach dem Eindicken durchaus nicht zum Gelatiniren gebracht werden kann. Die chemischen Eigenschaften kommen mit dem Knorpelleim fast ganz überein. Die Auflösung wird von Alaun und schwefelsaurer Thonerde gefällt, von Essigsäure aber kaum getrübt, von essigsaurem Blei getrübt. Sublimat trübt die Auflösung wie die von Leim und Knorpelleim. Weingeist, Gerbstoff fällen die Materie.

7) *Permanente Knorpel mit Knorpelkörperchen.* (Rippenknorpel, Schildknorpel, Ringknorpel, Giefskannenknorpel des Kehlkopfes, Luftröhrenknorpel, Nasenknorpel, Knorpelüberzüge der Gelenkköpfe.) Sie sind alle, bis auf die Nasenknorpel, von mir untersucht. Sie lösen sich in 15 bis 18 Stunden in Leim auf, der nach dem Eindampfen gut gelatinirt. Es ist reiner Knorpelleim, und wird derselbe ganz aus seiner Auflösung von wenig Alaun gefällt. Abkochungen von Kehlkopfknorpel, Rippenknorpel, Gelenkknorpel erhielten sich ganz gleich gegen die charakteristischen Reagentien des Knorpelleims. Die untersuchten Knorpel waren zum Theil

von jungen, zum Theil von erwachsenen Thieren; die Kehlkopfknorpel vom Kalb, die Gelenkknorpel vom Rind, die Rippenknorpel vom Kalb.

8) *Knochenknorpel vor der Ossification.* Vor der Ossification enthalten die Knorpel Chondrin. So fand ich es wenigstens beim Kochen der knorpeligen Epiphysen eines neugeborenen Kindes, die von dem Gelenktheil des Knorpels vorsichtig befreit worden. Diese Knorpel erforderten sehr viele Zeit, gegen 20 Stunden, ehe sie einige Quantität Extract gaben; der gröfste Theil war noch ungelöst. Diefs contrastirt sehr gegen die Knochen, die, im geraspelten Zustande gekocht, schon in einigen Stunden viel Leim geben, der sich aber in den ossificirten Knochen nicht als Knorpelleim, sondern als gewöhnlicher Leim verhält.

9) *Knochenknorpel nach der Ossification.* Er enthält kein Chondrin, sondern Leim. Es ist gleichviel, ob man erst die Kalksalze durch Salzsäure auszieht und den von der Säure befreiten Knorpel kocht, oder ob man, ohne Einwirkung der Säure, geraspelte Knochen kocht. Der Leim verhält sich in beiden Fällen gleich, und stimmt mit Tischlerleim. Untersucht wurden 1) Leim aus Knorpel vom Schulterblatt des Menschen, aus dem vor langer Zeit die Kalksalze ausgezogen worden. 2) Leim aus geraspelten Knochen (gelatinirte nicht sogleich beim Erkalten und erst am folgenden Tag). 3) Leim aus geraspeltem Hirschhorn (wird am schnellsten und noch schneller als aus Sehnen durch Kochen ausgezogen, gelatinirte sogleich beim Erkalten). 4) Leim aus Fischknochen, Rückenwirbel vom Schwertfisch (gelatinirte nicht, kam aber sonst mit Leim ganz überein). Essigsäure, essigsaures Blei schlugen aus dem Leim aller dieser Theile nichts nieder; Alaun und schwefelsaure Thonerde auch in den meisten Fällen nichts. Bei einigen Proben von 2. zeigten sich, bei aufmerksamer Betrachtung der klaren Flüssigkeit, sehr wenige ganz zarte Flöckchen, in anderen Fällen

fehlte auch diese Spur von Niederschlag; 3. blieb in den meisten Proben bei Zusatz von Alaun und schwefelsaurer Thonerde ganz klar, in einigen eine noch geringere Spur von Flöckchen als bei 2. Diese Unreinigkeit war jedenfalls so gering, dafs sie übersehen werden konnte, indem sie wahrscheinlich von einem Minimum im Knochen enthaltenen Knorpelleims herrührte. Die Masse des Leims aus der concentrirten Lösung von Knochenknorpel wird nicht von Alaun gefällt, während aus einer Auflösung von Knorpelleim die ganze Masse sogleich niedergeschlagen wird. Der Leim von Fischknochen verhält sich ganz wie der Leim der Knochen höherer Thiere. Gegen das schwefelsaure Eisenoxyd verhält sich Leim von Säugethierknochen etwas anders als Tischlerleim; eine concentrirte Auflösung von Knochenleim wurde nämlich dadurch gefällt, der Niederschlag in der Wärme wieder aufgelöst. Hirschhornleim wurde von schwefelsaurem Eisenoxyd zwar nicht gefällt, aber es setzte sich später beim Stehen eine Trübung ab. Schwefelsaures Eisenoxyd ist übrigens kein gutes Reagenz für die Leimarten; auch der Tischlerleim wird anfangs von ihm nicht niedergeschlagen, hernach setzt sich aber öfter eine Trübung ab. Eine ganz concentrirte Auflösung von Knochenleim erleidet übrigens (wie gewöhnlicher Tischlerleim) einen starken Niederschlag von liquor kali caustici. Offenbar entsteht in dem Knorpelleim bei der Ossification der Knochen eine wesentliche Umwandlung, mag diefs auf der Umsetzung seiner Bestandtheile oder auf einer Verbindung mit anderen Bestandtheilen, Salzen, wie phosphorsaure Kalkerde, beruhen. Diese Umwandlung scheint zur Ossification wesentlich nothwendig zu seyn; wir kennen bis jetzt keinen ossificirten Knochen, der eine merkliche Quantität Chondrin enthielte. Selbst die permanenten Knorpel verlieren es bei der zufälligen oder krankhaften Ossification.

10) *Krankhaft ossificirte permanente Knorpel.* Un-

tersucht wurden die osssificirten Kehlkopfknorpel (Ringknorpel, Schildknorpel) eines Menschen; die Reste von knorpeligen Theilen wurden vor dem Kochen sorgfältig davon entfernt. Der durch Kochen aus den zerstofsenen Stücken bereitete Leim war kein Knorpelleim, sondern Colla; er wurde von Essigsäure, Alaun, schwefelsaurer Thonerde, essigsaurem Blei nicht gefällt. Die beiden ersteren bewirkten kaum ein Minimum von ganz isolirten Flöckchen, die in der ganz klaren Flüssigkeit nur bei einiger Aufmerksamkeit bemerkt wurden. Da diese beiden Reagentien sonst auf der Stelle den Knorpelleim in Masse niederschlagen, so konnte jene Spur nur von Resten nicht ganz ossificirter Theile der Knorpel herrühren. Ein permanenter Knorpel, der als solcher Chondrin enthält, setzt es also vor oder während der Ossification in Knochenleim oder gewöhnlichen Leim um, eben so wie die noch knorpeligen Epiphysen Chondrin enthalten, der Knochen nach der Ossification aber Leim enthält.

11) *Hautknochen. Verschiedenheit von Hornbildungen.* Die Existenz des Leims in den Skelettheilen scheint überall an das Vorhandenseyn der phosphorsauren Kalkerde als Hauptbestandtheil der Ossification gebunden zu seyn. Im Skelet der Wirbellosen ist kein Leim vorhanden. Durch 12stündiges Kochen wurden Krebsschalen, die von der Kalkerde durch Säure befreit waren, gar nicht verändert, und ich erhielt nur ganz aufserordentlich wenig nicht gelatinirendes Extract, welches von Galläpfelinfusion gefällt, von Quecksilberchlorid und Kaliumeisencyanid nicht gefällt wurde. Eben so verhielt sich der thierische Theil von os sepiae, und auch der sogenannte Knorpel der Loligo enthält keinen Leim. Im ossificirten Skelet der Wirbelthiere bleibt der Leim immer die thierische Grundlage, auch in den Hautknochen. Man hat sich in der neuern Zeit hier und da zu der Ansicht geneigt, dafs die thierische Grundlage des Hautske-

lets der Wirbelthiere nicht Knorpel, sondern Hornbildung sey, wie das Horn durch schichtweise Apposition wachse, und daher durch eine organisirte Matrix ausgeschieden, der Organisation entbehre. Mir scheinen dagegen die Hornbildungen der Haut und die Hautknochen keine analogen Gebilde zu seyn, sondern sich gerade darin zu unterscheiden, dafs die Hautknochen in der That organisirt sind und wahren Knorpel zu ihrer Grundlage haben. Die Hautknochen der Gürtelthiere enthalten selbst Knochenkörperchen, oder der Knorpel Knorpelkörperchen, und dieser Knorpel giebt auch nach Extraction der Kalkerde nach 12stündigem Kochen guten Leim, wie ich selbst erprobt habe. Die Hautknochen der Gürtelthiere können schon darum nicht mit den Hornbildungen verglichen werden, weil das eigentliche Horn, die Epidermis (mit Haaren), noch, wie gewöhnlich, an der Oberfläche des Körpers, nämlich über diesen Schildern liegt. Diese Knochenschilder verhalten sich daher zum wahren Horn wie die organisirten Hornzapfen der Wiederkäuer zu dem auf ihnen aufsitzenden unorganisirten Horn, und wie das zu einer gewissen Zeit organisirte Hirschgeweih zu der auf ihm liegenden Decke von Haut und Epidermis (Bast). Dafs die Schuppen der Eidechsen oft einen knöchernen Kern enthalten, darf man auch für keine Analogie der Hautknochen und Hornbildungen ansehen. Das Horn an den Schuppen der Eidechsen, wie an den Schildern der Crocodile, ist die über die weichen oder knöchernen Schuppenkerne und über die Knochenschilder weggehende Epidermis. Unter dieser liegt auf den Schuppenkernen und Knochenschildern das zarte Häutchen zur Absonderung der Epidermis, welches auch die Ursache der Pigmentbildung ist. Bei den Schildkröten sehen wir auch eine deutliche Verschiedenheit der Hautknochen und der Hornbildung; der letztern gehören die Hornplatten der Schale an, ihre Schale selbst ist organisirt, und besteht aus den hier mit Verdrängung des Fleisches unter die Oberfläche

kommenden Theilen des innern Skelets, Wirbel und Rippen, mit welchen beim Foetus schon gewisse Hautknochen verwachsen. Bei den Crocodilen liegt zwischen den Hautknochen oder Knochenschildern des Nackens und Rükkens und dem innern Skelet noch Fleisch; bei den Schildkröten fehlt diefs. Beim foetus der Schildkröten kann man die Hautknochen von den Wirbeln noch getrennt sehen, wie sie denn am vorderen und hinteren Theil der Schale davon getrennt bleiben, und so erweisen sich auch die Marginalknochen der Rückenschale als Hautknochen. Bei einigen Trionyx fehlen die Marginalknochen; der Foetus von Testudo coriacea (Sphargis mercurialis) hat in seiner lederartigen Rückenhaut nur einen Hautknochen am vorderen Theil des Rückens. Dieser verwächst nicht mit dem Skelet, dessen Rippen sich nicht schalenförmig ausdehnen, und wird äufserlich sogar von der Haut überzogen. Ob die knöchernen Kerne vieler Fischschuppen organisirt sind, oder im organisirten Zustande gebildet werden, ist noch ungewifs. Leeuwenhoek und Agassiz haben ihr Wachsthum aus schichtweisen Ansätzen gezeigt; hierin unterscheiden sie sich ganz von den Knochenschildern der Crocodile, Gürtelthiere. Dagegen stimmen sie mit diesen überein, dafs ihre Oberfläche noch von einer feinen Hautschicht bedeckt ist, die ich nicht bei allen Fischen für blofse Epidermis halten kann. Die Hautknochenschilder einiger Fische, wie der Ostracion, Störe und mehrerer aus der Familie der Cataphracten können fortwährend, oder bei ihrer Bildung und da wo sie wachsen organisirt seyn. Die Hautknochen der Ostracion, deren geometrisch regelmäfsige Zusammensetzung bekannt ist, und welche offenbar durch peripherische Ansätze rundum wachsen, sind locker, bis auf die schmelzartigen Tuberkeln der Oberfläche, welche, wie der feste Theil der Stacheln der Rochen vielleicht ihre Organisation verloren haben. Aus den Knochenschildern von Ostracion erhielt ich übrigens,

nach

nach dem Ausziehen der Kalkerde, durch langes Kochen einigen Leim.

11) *Zahnknorpel.* Auch die Zähne dürfen nicht mit den Hornbildungen verwechselt werden; allerdings ersetzt das Horn oft den Zahn, und beide stimmen darin überein, dafs sie durch Apposition wachsen und nicht organisirt sind. Es giebt Knochenzähne und Hornzähne, aber der Knochenzahn ist kein Horn mit abgesetzten Kalksalzen, sondern enthält als thierische Materie leimgebenden Knorpel, der Hornzahn wahres Horn. Ich erhielt nach der Extraction der Kalkerde aus den Zähnen des Pferdes wahren, sehr gut gelatinirenden Leim durch nicht sehr langes Kochen; Fischbein lieferte hingegen keinen Leim, und ist Horn, wie schon John angiebt. Es scheint demnach, dafs das Horn den Zahnknorpel nur dann ersetzt, wenn die Zähne keine abgesetzte Kalkerde enthalten, dafs aber Knorpel oder Leim durchaus nöthig sind, wenn die Zähne Knochenzähne sind. Die sogenannte Knochensubstanz des Zahns verdient übrigens diesen Namen weniger, Knorpelkörperchen kommen im Zahnknorpel nicht vor; die sogenannte Knochensubstanz ist vielmehr von vielen Fasern durchzogen, welche eine Höhlung enthalten; sie sind von Leeuwenhoek, Purkinje und Retzius beobachtet worden. Diese Fasern oder Röhren gehen von der Zahnhöhle aus, neben einander, gewöhnlich ohne Aeste, gegen die äufsere vom Schmelz bedeckte Oberfläche des Zahns. Aufser dieser wesentlichen Substanz des Zahns, welche durch schichtweise Apposition entsteht, enthält der Zahn auch wahre angesetzte Knochensubstanz mit Knorpelkörperchen. Sie liegt auf der äufseren Oberfläche der Wurzel und auf der inneren Oberfläche der Höhle der Wurzel auf; ihre Structur ist von Purkinje entdeckt, welcher denselben Bau im sogenannten Kitt der Thierzähne beobachtete. Wahrscheinlich ist dieser Absatz zu einer gewissen Zeit,

nämlich bei seiner Bildung, organisirt; der Kalk scheint sich durch blofse Ossification des Zahnsäckchens zu bilden. Zieht man die Kalkerde aus dem Kitt aus, so bleibt reiner Knorpel mit Knorpelkörperchen zurück. Die durch Kochen des Knorpels der Hauptsubstanz des Zahns gewonnene Materie gelatinirt nach dem Eindampfen sehr gut, der Zahnknorpel löst sich durch Kochen ganz in Leim auf, und diese Materie ist, nach meinen Beobachtungen, wahrer Leim, kein Knorpelleim.

12) *Durch Osteomalacie erweichte Knochen.* Da der Knochenknorpel vor der Ossification Chondrin enthält, nach der Ossification aber beim Kochen nur Colla giebt, da ferner die permanenten Knorpel bei der Ossification ihr Chondrin in Leim umsetzen, so lag es nahe zu vermuthen, dafs Knochen, die durch Krankheit ihre Kalksalze ganz oder gröfstentheils verloren haben, beim Kochen nicht Leim, sondern wieder Chondrin geben würden. Diefs ist aber nicht der Fall. Die Umwandlung der thierischen Materie bei der Osteomatacie ist eine ganz eigenthümliche. Ich habe erweichte Knochen von Thieren und Menschen untersucht. In beiden Fällen erhielt ich durch sehr langes Kochen weder Leim noch Knorpelleim. Das Extract blieb dünnflüssig, gelatinirte beim Eindampfen nicht, durch das Filtrum ging es trüb, durch ein feineres Filtrum klar braungelblich; es wurde zwar von Galläpfeltinktur und Weingeist, aber nicht von Essigsäure, essigsaurem Blei, schwefelsaurem Eisenoxyd gefällt. Schwefelsaure Thonerde bewirkte keinen merklichen Niederschlag, nur einige wenige Flöckchen, die bei Aufmerksamkeit sichtbar wurden und sich in viel überschüssiger schwefelsaurer Thonerde lösten. Liquor kali caustici bewirkte einen Niederschlag. Ich rede nur vom höchsten Grad von Osteomalacie; denn die von mir untersuchten Knochen waren ganz biegsam und weich. Die Knorpelkörperchen sind in solchen Knochen noch sichtbar, aber

die Materie hat offenbar eine eigenthümliche Umwandlung erlitten. In dem Fall von einer Ziege wurden die biegsamen Stücke durch langes Kochen bröcklich, das Wasser wurde beim Kochen immer trüb und mit viel Fett gemengt. Die osteomalacischen Knochenstücke vom Menschen (Fersenbein), welche noch viel weicher waren, enthielten in der spongiösen Substanz eine grofse Menge Fett. Ich kochte daher zuerst in Weingeist, wodurch das Fett ausgezogen wurde. Das übrige Gewebe war häutig biegsam, und wurde beim langen Kochen immer weicher, ohne aufzuquellen. Es scheint, dafs der Knorpel bei der Osteamalacie sich durch Umsetzung seiner Bestandtheile oder durch Verbindung mit Salzen so verändert, dafs eine Substanz bleibt, welche durch Kochen zum Theil extrahirt werden kann, welche aber in der Kälte nicht gelatinirt. In Knochen, welche weniger erweicht sind, und in rhachitischen Knochen, die weniger verändert scheinen, dürfte eine solche Umwandlung schwerlich angenommen werden können. Es schien mir zwecklos rhachitisch verkrümmte Knochen zu untersuchen, die nicht aus der Zeit der Erweichung herrühren. Wenn diese vorüber ist, unterscheiden sich dergleichen Knochen von anderen hauptsächlich nur durch die bleibenden Krümmungen.

13) *Chondrin in einer eigenen Art pathologischer Knochengeschwulst.* Unter den pathologischen fungösen Geschwülsten der Knochen zeichnet sich eine sehr eigenthümliche aus, die ich Enchondroma nenne. Sie ist von dem Markschwamm der Knochen oder Knochenkrebs eben so verschieden als von der fibrösen Geschwulst der Knochen, Desmoid, von dem spongiösen Sarcoid der Knochen und vom Osteoid. Es gehört zu den durch Amputation heilbaren Fungen der Knochen. Das Enchondrom der Knochen ist nicht blofs den Knochen eigen; ich habe es auch einmal in einem anderen Theile, nämlich in der parotis beobachtet, aber es ist an den Knochen am häu-

figsten, besonders an den Phalangen und Mittelhandknochen (hier habe ich es viermal beobachtet). Das Enchondrom entwickelt sich im Innern der Knochen und treibt die meist verdünnte Rinde blasenartig auf. Die Rinde bildet daher eine Schale um den Fungus; diese Schale ist bald ganz vollständig, bald so verdünnt, dafs sie in inselartige Knochenblätterchen zerfällt. Die Geschwülste sind immer sphäroidisch. Der Inhalt der Schale besteht theils aus Fragmenten des spongiösen Gewebes der Knochen, die aber auch ganz fehlen können, theils und hauptsächlich aus einer weichen, leicht zu zerbröckelnden Masse. In dieser erkennt man wieder einen fibriöshäutigen Theil, welcher kleine und grofse Zellen, bis zur Gröfse einer Erbse und darüber, bildet, und einen Inhalt der Zellen, welcher halbdurchscheinend, wie gewöhnlicher Knorpel, von diesem durch seine gröfsere Weichheit sich unterscheidet. Er nähert sich seinem Ansehen und seiner Consistenz nach mehr dem hyalinischen, später zu beschreibenden Knorpel der Knorpelfische, zuweilen gleicht er mehr einer festen Gallerte. Diese Substanz zeigt unter dem Mikroskop das gewöhnliche Ansehen der permanenten Knorpel mit Knorpelkörperchen. Die in der Königlichen anatomischen Sammlung befindlichen vier Fälle sind sämmtlich von den Phalangen und Mittelhandknochen, wovon meist mehrere, in einem Fall alle, Phalangen und Mittelhandknochen ergriffen sind und dieselbe sphäroidische Ausdehnung erleiden. Aus den älteren Beschreibungen von Knochenschwämmen lassen sich ziemlich bestimmt mehrere ähnliche Fälle, auch wieder von den Phalangen und Mittelhandknochen erkennen. Dahin gehören Beobachtungen von Severinus, Mery, Otto, Scarpa, v. Walther und M. Weber. Die Geschwülste pflegen sich nach Quetschungen sehr langsam zu entwickeln, desorganisiren die umherliegenden Theile nicht, brechen zuletzt auf, sind aber constant durch Amputation heilbar, wie die Vergleichung unserer und jener Fälle

erweist. Mit Unrecht hat man die Krankheit den Knochenkrebs genannt. Beim Kochen des Inhaltes aus einer der merkwürdigsten und weichsten dieser Geschwülste erhielt ich eine Menge Extract, welches beim Erkalten vollkommen gelatinirte; aber diese Gallerte war Chondrin, denn ihre Auflösung wurde von Alaun, Essigsäure, essigsaurem Blei, schwefelsaurem Eisenoxyd gefällt, und mit einigen Tropfen Alaun konnte aus einer grofsen Menge aller Leim in dicken Klumpen ausgefällt werden, die sich in heifsem Wasser nicht wieder lösten. Bei dieser Krankheit entwickelt sich also permanenter Knorpel mit Wucherung im Innern des Knochens. Das Enchondrom der parotis glich ganz dem der Knochen, durch die Zellen, welche die Masse enthielten, wie durch die mikroskopischen Knorpelkörperchen. Die in einigen krebsartigen Geschwülsten vorkommenden mikroskopischen Körperchen sind bei hinreichender Uebung auf diesem Felde leicht von den Körperchen der Knorpel und des Enchondroms zu unterscheiden. Das Enchondrom der parotis gab beim Kochen auch Leim, aber den gewöhnlichen, nicht Knorpelleim.

II. Vom Knochengewebe bei den höheren Thieren.

Der Bau der Knochen wird schon durch die mikroskopische Untersuchung des Knochenknorpels nach Extraction der Kalkerde durch Säuren sehr aufgeklärt; manches erkennt man aber daran erst bei der Untersuchung des Knochens im unversehrten Zustande. Hierzu werden besonders fein geschliffene Knochenblättchen geeignet seyn, eine Methode, welche Purkinje so wesentliche Aufschlüsse über den Bau der Zähne lieferte. Deutsch scheint die Structur des Knochens nur am Knochenknorpel untersucht zu haben; daher er nicht über alle Punkte in's Klare gekommen ist. Eine der wichtig-

sten Fragen in Hinsicht der Structur des Knochens ist noch immer, auf welche Art die Kalksalze im Knochen enthalten sind, ob fein vertheilt, ob an den Knorpel chemisch gebunden, ob in besonderen Organen angehäuft. Deutsch sprach die Vermuthung aus, dafs die Kalkerde in besonderen Kanälen im Knochen verbreitet sey, die er im Knochenknorpel beschrieben und abgebildet hat. Nach seiner Beschreibung besteht der Knochenknorpel blofs aus Schichten, welche concentrisch um die, das Fettgewebe und die Gefäfse enthaltenden Markkanäle verlaufen, theils mit der Oberfläche gleich laufen und in den cylindrischen Knochen gleichsam die kleinen Systeme von concentrischen Schichten zusammen umfassen. In den Schichten liegen die einfachen Knorpelkörperchen. Ferner aber beschreibt er Kanäle, welche radial die kreisförmigen Schichten durchsetzen; in diesen von ihm auch abgebildeten Kanälen vermuthete er den Sitz der Kalksalze. Diese radialen Kanäle der Schichten und Schichtensysteme wurden von anderen Beobachtern nicht wieder gefunden; dagegen gehen von der Oberfläche der Knochenkörperchen, welche den Knorpelkörperchen des im knorpeligen Zustande nach der Behandlung mit Säuren untersuchten Knochens entsprechen, gewisse feine Kanäle radial aus, um sich im Knochen theilweise ästig zu verbreiten oder hier und da netzartig zu verbinden. Obgleich sich die ästigen Kanäle der Knochenkörperchen, von denen ich in der Schrift über Myxinoiden eine nur kurze Notiz gab, weil sie mir damals nur vorübergehend und keineswegs constant erschienen waren, sowohl in Hinsicht ihres Ursprungs als Verlaufs verschieden verhalten von den von Deutsch beschriebenen radialen Kanälen der Schichten, die zum gemeinschaftlichen Centrum nicht die Körperchen, sondern die Markkanäle oder Centralkanäle der Schichtensysteme haben, so ist es doch wahrscheinlich, dafs Deutsch denselben Gegenstand vor sich hatte, den er nicht richtig erkannte. Wenn jene Untersuchung sonst in allen

übrigen Punkten vollkommen sich bestätigte, so waren gerade die von ihm beschriebenen radialen Kanäle der concentrischen Schichten in der von ihm deutlich beschriebenen und abgebildeten Anordnung nicht wieder zu finden, während die radialen ästigen Kanäle der Knochenkörperchen ihre Stelle einnehmen müssen.

Werden Knochenlamellen sehr fein geschliffen, so werden sie so durchsichtig, dafs man die kleinste Schrift dadurch lesen kann. Bei Betrachtung solcher Blättchen auf dunkelm Grunde mit der Loupe sieht man, dafs alles weifse Ansehen der Knochen von den Knochenkörperchen herrührt, dafs die Zwischensubstanz derselben aber ganz durchsichtig ist. Bei Anwendung stärkerer Vergröfserungen sah ich, dafs die Knochenkörperchen von ovaler, selten unregelmäfsig eckiger Form, fast immer aber in der Richtung der Knorpelschichten abgeplattet, von ihren Wänden, namentlich ihren platten Seiten, viele sehr feine Gefäfse ausschicken, welche ziemlich unregelmäfsig die Schichten der durchsichtigen Zwischensubstanz durchsetzen und sich mit den anderen Körperchen hier und da netzförmig verbinden. Die Kanälchen der Knochenkörperchen haben einen Durchmesser von 0,0002 bis 0,0003 engl. Lin. [1]). Betrachtet man die feinen Knochenplättchen unter dem Mikroskop bei durchscheinendem Lichte, so sind die Knochenkörperchen und ihre Kanäle dunkel, die Zwischensubstanz durchsichtig hell; betrachtet man sie auf dunkelm Grunde bei auffallendem Lichte, so erscheinen die Körperchen und ihre Kanälchen ganz weifs, besonders wenn sie trocken untersucht werden; die Zwischensubstanz erscheint jetzt auf dem dunkeln Grunde dunkel. Eine Abbildung der Körperchen und Kanälchen bei 410maliger Vergröfserung des Durchmessers und bei durchfallendem Lichte liefert Fig. 1 Taf. IV. Die weifse

1) J. Müller vergleichende Anatomie der Myxinoiden, Berl. 1835, S. 62; und Anhang zu Miescher's Schrift: *de ossium genesi, structura et vita, Tab.* 2.

Farbe jener Figuren rührt nicht vom Ankleben des beim Schleifen entstehenden Pulvers her; denn man bemerkt dasselbe Verhalten an sehr feinen ungeschliffenen Knochenplättchen, wie z. B. aus dem Siebbeine verschiedener Thiere. Ein Fett, was bei gewöhnlicher Temperatur fest wäre, kann die Ursache des weifsen Ansehens und der Undurchsichtigkeit nicht seyn. Ich habe fein geschliffene Knochenblättchen unter dem Mikroskop bis zu 60° R. erhitzt; die weifse Farbe der Körperchen und ihrer Kanälchen blieb; auch durch Behandlung der Knochenblättchen mit kochendem Aether oder Alkohol verändern sich die weifsen Figuren nicht. In krankhaft von Osteomalacie erweichten Knochen, welche die Kalkerde verloren haben, ist die weifse Farbe und Undurchsichtigkeit der Körperchen und ihrer Kanälchen verschwunden, und die letzteren nicht mehr sichtbar. Die Körperchen sind noch sichtbar, aber ganz durchsichtig, wie der übrige Knorpel. In fossilen Knochen und in solchen, aus denen man den Knorpel durch langes Kochen mit Pottasche ausgezogen, sind die Körperchen und Kanälchen noch vorhanden. Die fossilen und die mit Pottasche gekochten Knochen sind aber in den Zwischenräumen der Knochenkörperchen nicht mehr durchsichtig, und man sieht daher die Figuren der letzteren und der Kanälchen erst beim Befeuchten der geschliffenen Plättchen, oder noch deutlicher beim beginnenden Abtrocknen der befeuchteten Plättchen. Werden fein geschliffene Plättchen frischer (d. h. nicht fossiler und nicht mit Pottasche behandelter Knochen) unter dem Mikroskop mit Säuren behandelt, so dafs die Kalkerde unter reichlicher Entwicklung von Luftbläschen ausgezogen wird, so bleibt die Zwischensubstanz zwischen den Körperchen durchsichtig, aber die Körperchen und ihre Kanälchen verlieren ihre weifse Farbe und werden gleich durchsichtig, wie der von der Kalkerde befreite Knorpel der Zwischensubstanz. Werden die so behandelten Lamellen dann getrocknet, so wer-

den die Körperchen und ihre Kanälchen gleichwohl nicht wieder weifs. Hieraus kann man mit ziemlicher Sicherheit schliefsen, dafs die Knochenkörperchen und ihre Kanälchen entweder in ihrem Innern oder in ihren Wänden Kalksalze enthalten müssen. Ob diese aber im Innern der Körperchen und Kanälchen abgelagert oder nur in den Wänden enthalten sind, läfst sich bei der Kleinheit der Theile nicht ausmachen. Dinte und andere Färbestoffe verbreiten sich von der Oberfläche der geschliffenen Knochenplättchen nicht weiter durch Vermittelung der Körperchen und Kanälchen in das Innere des Knochens, selbst nicht bis auf geringe Tiefe. Welcherlei erdige oder durch Säuren ausziehbare Bestandtheile die weifse Farbe der Knochenkörperchen und ihrer Kanälchen bewirken, läfst sich nicht ausmachen. In wäfsriger Kohlensäure, welche sonst kohlensauren Kalk löst, verändern sich die Körperchen und ihre Kanälchen nicht. Behandelte ich aber ganz feine Plättchen von Knochen, deren Knorpel durch Kochen mit Pottasche gröfstentheils ausgezogen war, unter dem Mikroskop mit sehr verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure, so entwickelte sich regelmäfsig, wenn die Säure vom Rande aus die Körperchen erreichte, aus jedem etwas Luft, und zwar meist viel mehr, als die Capacität des Körperchens betrug.

So gewifs es nun ist, dafs die weifse Farbe der Knochen von jenen Figuren herrührt, dafs die weifse Farbe dieser Figuren durch Säure getilgt wird, während die Organe undurchsichtig zurückbleiben, dafs die Organe vor der Ossification des Knorpels vorhanden (die Körperchen ohne Kanälchen), aber noch nicht weifs gefärbt, sondern durchsichtig sind, und dafs die weifse Farbe hinwieder bei der Ostromalacie verschwindet, so können doch die Knochenkörperchen und die Kanälchen nicht der einzige Sitz der Kalksalze seyn, und der gröfsere Theil der Kalkerde ist entweder an den Knorpel chemisch gebunden oder frei in dem durchsichtigen Theile

des Knochens, aufser jenen Organen und zwischen denselben enthalten. Diefs läfst sich ganz entschieden beweisen. Denn 1) fehlen die Knochenkörperchen und ihre Kanälchen in den Knochen vieler Fische, z. B. des Hechts u. A. 2) Geben die Knochen beim Verbrennen und Behandeln mit kochender Pottaschenlauge viel mehr Kalkerde als jene Organe und die Kanälchen enthalten können, wenn sie auch dicht mit Kalksalzen gefüllt wären. Die Kalksalze betragen mehr als die Hälfte vom Gewichte der Knochen. Verbrannte Knochen haben fast noch ganz die Form und Gröfse, welche sie vor dem Verbrennen hatten; man sieht diefs bei Versuchen an kleinen Knochenplättchen sehr deutlich. Eben so ist es mit den Knochenplättchen, deren Knorpel durch Kochen mit Pottasche ausgezogen wird. Wenn nun auch die Kanälchen der Knochenkörperchen ein dichtes Netzwerk bilden und weniger feine Knochenplättchen zum grofsen Theil aus diesen Organen zusammengefügt erscheinen, so sieht man doch bei immer feinerem Schleifen, dafs die Knochenkörperchen zerstreut liegen, dafs die Zwischenstellen mehrmal, oft vielmal den Durchmesser der Knochenkörperchen übertreffen, und dafs auch die Kanälchen, wenn sie noch so dicht sind, doch noch Substanz zwischen sich lassen, die viel mehr beträgt als die Kanälchen und Knochenkörperchen. Die Zwischensubstanz ist es aber, welche durch Kochen der Knochenplättchen mit Pottasche und Ausziehen des Knorpels weifs wird.

Werden Knochen viele Stunden mit Pottasche gekocht, so werden sie ganz kreideweifs, glanzlos, blättern sich leicht schichtweise ab, sind äufserst zerbrechlich, ja zerreiblich, und der Knorpel ist gröfstentheils ausgezogen. Man erkennt den etwa noch vorhandenen Theil der thierischen Materie an dem Anflug von Schwarz beim Verbrennen im Platinlöffel. Ein noch sichereres Resultat erhält man durch Kochen von Knochenstücken in wäfs-

rigem Kali. Diese letztere Behandlung ist aber deswegen unzweckmäfsig, weil die Knochen, von aller thierischen Materie befreit, zu leicht zerfallen, nicht mehr geschliffen und untersucht werden können, und weil durch die Behandlung mit Kali eine neue Verbindung zwischen diesem und dem phosphorsauren Kalk der Knochen entstehen mufs. Die mit Pottasche behandelten Knochenstücke enthalten noch etwas Oel, welches sich durch Kochen der Stücke in Aether leicht ausziehen läfst. Kleine Plättchen von diesen Knochen fein geschliffen, sind trokken ganz undurchsichtig weifs; mit Wasser befeuchtet, werden sie durchscheinend, und man erkennt dann die Knochenkörperchen und ihre strahligen Kanälchen unter dem Mikroskop wieder; diese sind jetzt auch durchscheinend, und nur beim Trocknen der befeuchteten Plättchen werden sie, wie die ganzen Plättchen, dunkel, und zwar werden sie beim Trocknen zuerst dunkel, dann auch die Zwischensubstanz, die körnig nun erscheint. Man kann den Versuch auch so machen, dafs man vorher fein geschliffene Knochenplättchen mit Pottasche kocht, und, undurchsichtig geworden, vorsichtiger noch feiner zu schleifen sucht, was freilich aufserordentlich schwierig ist, da die Plättchen dabei zerbröckeln. Der Kalk des vorher durchsichtigen Theils des Knochens ist scheinbar ganz zusammenhängend, so, als ob der Knochen durch das Ausziehen der thierischen Materie nichts von seiner Structur verloren habe. Er erscheint in allen Zwischenräumen der Knochenkörperchen und Kanälchen als eine feinkörnige Substanz, und die weifsen Körnchen haben ungefähr die Stärke des Durchmessers der strahligen Kanälchen der Knochenkörperchen.

Ob der auf diese Art dargestellte feinkörnige Kalk vorher mit dem Knorpel chemisch verbunden oder als phosphorsaurer Kalk in demselben sehr fein vertheilt war, bleibt zweifelhaft, gleich wie, ob der kohlensaure Kalk an die Faden der Krebsschalen gebunden oder in überaus feinen Röhrchen ist. Hier sind es Fasern, welche

die Krebsschale von der inneren zur äufseren Oberfläche senkrecht, nur wenig wellenförmig, durchziehen, in ungeheurer Anzahl dicht zusammenstehend die weifse Farbe des Bruchs der Schale hervorbringen, und, von der Kalkerde durch Säuren befreit, aus einander gezerrt werden können, und biegsame, durchsichtige Fäden darstellen. Dafs die Körnchen des phosphorsauren Kalks im durchsichtigen Theil des Knochens mit dem Mikroskop nicht erkannt werden, kann davon herrühren, dafs jene mit den Knorpeltheilchen gleiche Durchsichtigkeit und Brechkraft besitzen. Gegen eine chemische Verbindung der phosphorsauren Kalkerde und des Knorpels spricht nicht allein die Färbung der Knochen von Färberröthe nach dem Genufs derselben, was von der chemischen Affinität des phosporsauren Kalks zur Färberröthe herrührt, sondern auch, dafs man in der That bei starken Vergröfserungen auch im durchsichtigen Theil der Knochenplättchen etwas Feinkörniges bemerkt, besonders in den feinen Plättchen der Vogelknochen. Ferner spricht dagegen, dafs der Knorpel zur Zeit der Ossification erst die Kalkerde aufnimmt, wobei er ein wenig dunkler wird, und auch im Wasser dunkler, und im Innern ungleicher, als der oft dicht daneben liegende, noch nicht ossificirte Knorpel erscheint. Endlich spricht dagegen, dafs der Knorpel nach dem Ausziehen der Kalksalze durch Säuren oder auch nach dem krankhaften Verlust der Kalksalze in der Osteomalacie noch ganz fest und zusammenhängend ist, ja so fest ist, als der Knorpel vor der Ossification erscheint. Die Idee einer Combination der Knorpelmolecüle mit den Molecülen der phosphorsauren Kalkerde zu susammengesetzten Molecülen läfst sich hierbei nicht gut rechtfertigen. Auch lassen sich die chemisch mit Thierstoffen verbundenen, mineralischen Stoffe nicht so aus denselben, wie die Kalkerde aus den Knochen durch Säuren ausziehen. Der Knochenknorpel des Menschen besitzt sogar nach dem Ausziehen der phosphorsauren

Kalkerde noch eine bestimmte Structur. Er läfst sich nur in bestimmten Richtungen in ganz feine Lamellen reifsen, und zasert sich auch in dieser Richtung beim Abreifsen der feinen Lamellen, besitzt endlich in solchen zerrissenen Lamellen eine undeutlich faserige Structur. Eine Spur von faseriger Bildung sieht man zuweilen auch noch in den befeuchteten Knochenplättchen, deren Knorpel durch Pottasche gröfstentheils ausgezogen und in Plättchen von Fischknochen, die auf diese Art behandelt worden, sah ich ziemlich deutlich in verschiedenen Schichten verschiedene verlaufende helle Fasern von nicht ganz geradem Verlauf. Bei der Beleuchtung von oben bei trocknen weifsen Knochenplättchen, deren Knorpel gröfstentheils extrahirt ist, ist die kreideweifs erscheinende Masse nur feinkörnig. Endlich spricht auch die Extraction des Leims aus den geraspelten Knochen durch Kochen, die bald schnell, wie bei dem Hirchhorn, bald langsam erfolgt, wie bei anderen Knochen, gegen eine chemische Verbindung zwischen dem Knorpel und den Kalksalzen.

In sofern die Färberröthe von der phosphorsauren Kalkerde angezogen wird, kann man jene Färbung auch als einen Beweis gegen eine chemische Verbindung zwischen dem Knorpel und den Kalksalzen halten; aber über den Sitz der Kalksalze geben jene gefärbten Knochen keinen näheren Aufschlufs; denn sowohl die Knochenkörperchen als der durchsichtige Theil der Knochen erscheinen dann röthlich, bei auffallendem Lichte mehr die ersteren, bei durchscheinendem mehr der letztere, und die Röthe ist so schwach, dafs man nur schwache Vergröfserungen anwenden kann, um sie noch zu erkennen, so dafs man den feineren Sitz derselben nicht unterscheiden kann.

Zuletzt entsteht die Frage, ob die Knochenkörperchen und ihre Kanälchen nicht an der Absetzung der Kalksalze in die Zwischenmasse des Knorpels wesentlichen Antheil haben. Sind sie vielleicht hohl und rührt

die weifse Farbe derselben vielleicht blofs von einer Verkalkung oder Incrustation ihrer Wände mit Kalksalzen her, während sie zur Zeit der Bildung des Knochens eine wichtigere Function haben? Wird in ihnen zu dieser Zeit die Kalkerde in einem auflöslichen Zustande, wie sie auch im Blute vorhanden ist, aus dem Blute abgeschieden und dann durch die Kanälchen weiter verbreitet, so dafs sie bei der Absetzung oder Verbindung mit dem Knorpel in einen unauflöslichen Zustand übergeht und die Kalksalze des Knochens sich dann erst bilden? Sind sie es wieder, in welche die erdigen Bestandtheile der Knochen bei der Knochenerweichung in einem auflöslichen Zustande wieder aufgenommen werden, um in die Blutmasse überzugehen? Es mufs für jetzt zweifelhaft gelassen werden, ob sie als solche Absonderungsorgane, als kalkführende Organe (*organa chalicophora*) in diesem Sinne zu betrachten sind. Wir wissen für jetzt noch nicht einmal mit Bestimmtheit, ob sich in diesen Körperchen eine Höhlung erhält oder nicht, und ob blofs ihre Wände in einem verkalkten Zustande sich befinden. Ich habe in letzterer Hinsicht mancherlei Versuche angestellt, die mir aber keine so bestimmten Resultate geliefert haben, um sie ausführlich mitzutheilen. Auf das Verhalten der Knochen nach dem Verbrennen kann man kein grofses Gewicht legen, weil sie dabei eine zu gewaltsame Veränderung erleiden. Ich habe ganz dünne Knochenplättchen im Platinlöffel verbrannt, sie blieben bei vorsichtiger Behandlung zusammenhängend; in diesem Zustand untersuchte ich sie bei auffallendem Lichte mit dem Mikroskop. Einigemal glaubte ich an solchen Stückchen den früheren Knochenkörperchen an Lage und Gröfse entsprechende Stellen zu unterscheiden, die sich von der kalkigen, ganz weifsen Umgebung dadurch auszeichneten, dafs sie viel weniger weifs waren, so dafs die Vermuthung entstand, als wenn durch das Verbrennen des Knorpels und Undurchsichtigwerden der Zwischensubstanz die

sonst nicht zu erweisende Höhlung der Körperchen offenbar werde. Ich wage indefs hierauf nicht zu bauen, weil durch das Verbrennen eine zu gewaltsame Veränderung in der Structur des Knochens eintritt, und auch kleine Lücken erst entstehen werden, durch welche sich die beim Verbrennen entstandenen Gase entwickeln. Ich habe schon vorher erwähnt, dafs feingeschliffene Knochenplättchen Dinte und andere Färbestoffe nicht durch die Körperchen und ihre Kanälchen von der Oberfläche weiter verbreiten.

Die parallelen Röhren, welche von Leeuwenhoek, Purkinje, Retzius in der sogenannten Knochensubstanz des Zahns beobachtet worden sind, sind wirklich hohl und nur hie und da mit unorganischen Deposita angefüllt. Purkinje hat beobachtet, dafs die Röhren in der Zahnsubstanz des Pferdes Dinte aufnehmen, und ich habe diefs bestätigt gefunden. Wenn sich auch nicht alle Röhren anfüllen, so ist diese Anfüllung in einigen doch ganz deutlich. Dagegen enthalten diese an ihren Wänden verkalkten und weifs erscheinenden Röhren hier und da deutliche Deposita. An fein geschliffenen Lamellen von Zähnen sieht man bei auffallendem Licht, dafs die weifse Farbe der Zähne hauptsächlich von jenen röhrigen Fasern herrührt, dafs die Zwischensubstanz aber mehr durchsichtig ist; werden solche Durchschnitte mit Säuren behandelt, so verliert sich die weifse Farbe der Fasern, und der zurückbleibende Zahnknorpel zeigt zwar noch die Röhrchen im Innern, aber diese werden auch beim Trocknen des Knorpels nicht mehr weifs. Herr Linderer hatte beobachtet, dafs die Zahnsubstanz an cariösen Zähnen, wenn auch nur der Schmelz angegriffen ist, doch unter der cariösen Stelle bis gegen die Zahnhöhle ihre weifse Farbe verliere, obgleich sie noch ganz fest ist. Da diefs ziemlich constant ist, so mufs eine Veränderung der Zahnsubstanz in Folge der oberflächlichen Caries zu Grunde liegen. An fein geschliffenen Durchschnitten sol-

cher Zähne konnte ich unter dem Mikroskop sehr gut sehen, dafs, wo der Zahn durchsichtig geworden war, eine bröckliche Substanz in den Röhrchen enthalten war, und dafs diese Substanz in den Röhrchen der weifsen Stellen zusammenhängender war, auch konnte ich unter dem Mikroskop sehr gut wahrnehmen, dafs zugesetzte verdünnte Säuren dieses bröckliche Wesen auflösen. Ich habe diese Beobachtung aber auch oft an fein geschliffenen Plättchen gesunder Zähne gemacht. Da die Zahnfasern durch Säuren ihre weifse Farbe verlieren, so müssen entweder die Wände der Röhrchen verkalkt seyn oder ihr Inneres stellenweise Deposita von erdigen Theilen enthalten. Beim Zerbrechen feiner Zahndurchschnitte in senkrechter Richtung auf die Fasern, sah ich diese öfter am Rande steif eine ganz kleine Strecke aus der Zahnsubstanz hervorstehen. Sie stehen in diesem Fall ganz gerade und scheinen in diesem Zustande nicht biegsam zu seyn. Wenn dagegen die Kalkerde durch Säuren aus den feinen Zahnplättchen ausgezogen ist und die übrigbleibenden Knorpelplättchen gegen die Fasern zerrissen werden, so erscheinen die Fasern am Rande des Risses ganz biegsam und durchsichtig, oft sehr lang hervor. Hieraus geht hervor, dafs die Röhrchen eine thierische Grundlage, Membran, haben, und dafs diese im festen Zahn steif und zerbrechlich, von Kalksalzen durchdrungen, im Zahn, der seine Kalkerde verloren hat, aber weich ist; dafs aber auch im Innern der Röhrchen stellenweise kalkige Deposita vorhanden sind, geht aus den vorher erwähnten Beobachtungen hervor.

Die Hauptmasse der Kalkerde ist übrigens nicht an den Röhrchen, sondern in der Zwischensubstanz der Röhrchen enthalten, chemisch an den Knorpel gebunden oder darin auf unsichtbare Weise abgesetzt. Man kann die Kalkerde der Zwischensubstanz sichtbar machen, wenn man feine Durchschnitte von Zähnen in Pottaschenlauge mehrere Stunden vorsichtig kocht. Die vorher durchschei-

scheinende Zwischensubstanz wird dann, indem der Knorpel daraus zum grofsen Theil aufgelöst wird, undurchsichtig und weifs. Dann sind die Plättchen aufserordentlich zerbrechlich und können nur mit grofser Vorsicht noch weiter geschliffen werden. Der Kalk erscheint in dichtstehenden Körnchen. An einigen auf diese Art behandelten Zähnen wurden, nahe der Zahnhöhle, auch mit der Fläche derselben parallel laufende Streifen sichtbar.

Bekanntlich besteht der Schmelz der Zähne aus aufrechtstehenden Fasern; Purkinje betrachtet sie als vierseitige Prismen. Aus einer gleich anzuführenden Beobachtung ergiebt sich, dafs es ursprünglich Nadeln sind, deren beide Enden zugespitzt sind, und die durch ein Bindemittel zusammengekittet werden müssen. Wie ich nämlich an dem letzten Backzahn des Kalbes sah, dessen Schmelz noch ganz weich und breiartig ist, besteht der abgesetzte breiartige Schmelz schon aus gesonderten Nadeln, noch ehe er fest wird. Jene weifse breiartige Materie, welche sich von der Oberfläche des Zahns mit dem Messer wegnehmen läfst, besteht ganz daraus und aus einem flüssigen Bindemittel. Diese festen, etwas biegsamen, aber doch zerbrechlichen Nadeln werden von Essigsäure nicht sobald angegriffen, von Salzsäure bald mit einiger Luftentwicklung gelöst. Siehe die Abbildung dieser Nadeln, Fig. 2 Taf. IV.

III. Vom Knorpel und Knochen der Knorpelfische.

A. Structur und chemische Eigenschaften der Chorda dorsalis.

1) *Structur.* Der Centraltheil des Rückgrats der Cyclostomen (Petromyzon, Ammocoetes und Myxineiden), der Störe und Chimären besteht bekanntlich aus einer fibröshäutigen, gröfstentheils aus Ringfasern gebildeten Röhre, welche mit einer gallertartigen Substanz gefüllt ist. Dieser Apparat findet sich auch im Foetus-Zustand

der Knochenfische, der Haifische und Rochen, ja in der ersten Zeit bei allen höheren Thieren vor, man nennt ihn Chorda dorsalis. Bei der Ossification verknöchert jene Gallerte nie, die Ossification schnürt nur die Gallerte stellenweise ein, bis ihre Reste in den conischen Facetten der Wirbel der Haifische, Rochen und Knochenfische übrigbleiben. Bei den Cyclostomen, Stören und Chimären behält sie ihre ursprüngliche Gestalt durch's ganze Leben. Die Scheide, welche die Gallerte einschliefst, verknöchert bei den Stören gar nicht, bei den Haifischen, Rochen, Knochenfischen verknöchert ihre äufsere Schicht, den centralen Theil der Wirbelkörper bildend, die innere Schicht der Scheide verknöchert nicht, und bleibt als eine Membran zurück, welche die innere Fläche der Wirbelkörperfacetten auskleidet, worin die gallertartige Substanz der Chorda dorsalis enthalten ist.

Die Gallerte, von der Verknorpelung und Ossification ganz ausgeschlossen, zeigt sich mikroskopisch vom Knorpel ganz verschieden. Diese Gallerte hat vielmehr eine Textur, wie sie bei keinem einzigen der vielen von mir untersuchten Knorpel der Thiere vorkommt; es ist eine durchsichtige, in ebenfalls durchsichtigen, dicht an einander stofsenden Zellen, die den Pflanzenzellen analog sind, enthaltene Materie (Taf. IV Fig. 3 von Myxine glutinosa). Es gehört daher dieses Gewebe unter das in der Thierwelt sparsam vorkommende Zellgewebe mit geschlossenen Zellen, wovon das Zellgewebe des Glaskörpers im Auge, das eckige Zellgewebe, welches das Pigment der Augen enthält, und das Fettzellgewebe uns Beispiele zeigen. Die meiste Uebereinstimmung hat dieses Gewebe der Chorda dorsalis mit dem Glaskörper des Auges; der Inhalt der Chorda dorsalis ist auch ein Glaskörper, aber der Inhalt seiner Zellen ist zwar durchsichtig, jedoch nicht, wie es scheint, ganz flüssig, wie bei jenem. Ein im Centrum der Chorda dorsalis verlaufendes zartes Bändchen gehört wieder einem anderen Ge-

webe, wahrscheinlich dem Sehnengewebe, an. Es besteht aus parallelen Fasern.

Die Gewebe der Chorda dorsalis finden sich auch bei den Knochenfischen wieder vor, aber die Chorda dorsalis bildet beim Erwachsenen nicht mehr einen Cylinder, sondern ist von Stelle zu Stelle eingeschnürt, und ist blofs in den einander zugewandten kegelförmig hohlen Facetten der Wirbel enthalten. Da die zwei Facetten eines Wirbels bei den Knochenfischen in der Regel noch in der Axe des Wirbels durch eine kleine Oeffnung communiciren, so bildet der in diesen Facetten enthaltene Glaskörper der Chorda dorsalis noch ein zusammenhängendes Ganze. Bei mehreren Knochenfischen, wie beim Karpfen, Schellfisch u. a., findet sich sogar in der Axe des Glaskörpers der Wirbel ein aus sehr zarten Fasern bestehendes Bändchen. Unter den Knorpelfischen sind die Plagiostomen die einzigen, bei welchen der Glaskörper des Rückgraths auch in kegelförmige Facetten ganzer Wirbel eingeschnürt wird. Die Einschnürung findet schon in der letzten Zeit des Fötuslebens statt; sie geht sogar noch weiter als in den Knochenfischen. Denn die Wirbel der Haifische und Rochen haben keine Communicationsöffnung mehr zwischen den kegelförmigen Facetten eines Wirbels. Ein anderer Umstand, wodurch die Wirbel der Plagiostomen noch weiter sich vom Fötuszustand entfernen als die der Knochenfische, ist, dafs der Glaskörper im erwachsenen Zustand der Haifische und Rochen nicht mehr, und nur beim Fötus vorhanden ist. Denn die Facetten der Wirbel der Plagiostomen sind im erwachsenen Zustand von einer Flüssigkeit ausgefüllt. Home [1]) hat über diese Flüssigkeit ganz abentheuerliche Ideen vorgebracht. Sie wahrscheinlich für eine Art Gelenkwasser haltend, hat er behauptet, dafs sie auch bei den übrigen Fischen vorkomme, dafs der Inhalt im lebenden Zustande ganz flüssig sey, aber un-

1) *Lect. on comp. Anat. I, p.* 86. 87.

mittelbar nach dem Tode gerinne. Hieran ist natürlich nicht zu denken. Der Glaskörper der Wirbelfacetten der Knochenfische ist kein Gerinsel, sondern besteht, mikroskopisch untersucht, durchaus aus denselben Theilen wie der Glaskörper der Gallertsäule der Störe, Chimären und Cyclostomen, nämlich aus Zellenwänden, die eine durchsichtige Materie einschliefsen. Es giebt nach meinen Beobachtungen Knochenfische, welche den Uebergang von der Bildung der Plagiostomen zu den Knochenfischen bilden. Bei den ersteren ist der Glaskörper aufgelöst, bei den meisten Knochenfischen ist der Glaskörper unversehrt und füllt die ganze Cavität der Facetten aus; aber beim Hecht habe ich sowohl den Glaskörper der übrigen Knochenfische, als die Flüssigkeit der Plagiostomen vorgefunden [1]).

Bei den höheren Wirbelthieren findet sich eine Spur des Glaskörpers der Fötus und der niederen Wirbelthiere in der Mitte der ligamenta intervertebralia. Diese Bänder stellen Ringe von Bandfasern dar, in der Mitte dieser breiten Ringe befindet sich eine gallertige Masse, die beim neugebornen Kinde ganz schleimig und zwischen den Rücken- und Lendenwirbeln in ziemlich ansehnlicher Quantität vorhanden ist. Sie gleicht indefs, mikroskopisch untersucht, nicht mehr dem Glaskörper, aus dessen Resten sie besteht; man sieht ein undeutlich körniges Wesen, und man kann sich nicht überzeugen, dafs diese schleimige Substanz zellig ist.

2) *Chemische Eigenschaften.* Schon das anatomische Verhalten zeigt die Verschiedenheit des Glaskörpers vom Knorpel. Die chemische Untersuchung des Glaskörpers von drei Karpfen ergab Folgendes. Kaltes Wasser zieht daraus eine von Weingeist und durch Kochen nicht fällbare, von Galläpfelaufgufs und essigsaurem Blei fällbare Materie, Osmazom. Durch Kochen erhält man etwas weniges klebriges, nicht gelatinirendes, von Gall-

1) Siehe das Nähere: Anat. d. Myxinoiden, S. 140.

äpfelaufgufs fällbares, von Weingeist unlösliches Extract. Essigsäure und Alaun fällen die Auflösung dieses Extractes nicht. Weder durch Kochen noch durch Essigsäure wird viel vom Glaskörper gelöst.

Die essigsaure Auflösung des Glaskörpers aus den Wirbelfacetten von Knochenfischen wird, nach meinen Beobachtungen, vom rothen Cyaneisenkalium ein wenig getrübt; anders verhält sich die Scheide der Chorda dorsalis des Petromyzon marinus, deren essigsaure Auflösung ganz klar bleibt, wie die ganze Klasse der niederen Gewebe, die sich alle auf gleiche Art verhalten, Zellengewebe, Sehnengewebe, elastisches Gewebe, Knorpel; die Scheide gehört zum Sehnengewebe, und ist dem gewöhnlichen Faserknorpel verwandt. Der Glaskörper enthält Osmazom, eine vom heifsen Wasser ausziehbare Materie und Eiweifs, wie die geringe Trübung, die von Zusatz von Cyaneisenkalium zur essigsauren Auflösung erfolgt, beweist. Kaliumeisencyanür bringt in essigsaurer Auflösung des Glaskörpers einen stärkeren Niederschlag hervor.

Bei den Plagiostomen scheint die Gallerte ihrer Wirbel meist aufgelöst. Chevreul hat diese Gallerte von Squalus peregrinus untersucht. Sie war opalisirend, und enthielt weifse atlasglänzende Schüppchen in Suspension. Diese alkalinische Flüssigkeit war schwer zu filtriren. Von Mineralsäuren wurde sie gefällt, Galläpfelaufgufs trübte sie nicht merklich (dagegen die durch kaltes Wasser aus dem Glaskörper der Karpfen erhaltene aufgelöste Materie in unserm Versuch von Galläpfelaufgufs getrübt wurde). Sie gerann nicht von Wärme und gelatinirte nicht beim Abdampfen. Nach Brande hatte die Wirbelflüssigkeit vom Hai 1,027 spec. Gew., und wurde nicht durch Kochen, Gerbstoff, Alkohol gefällt.

B. Structur und chemische Eigenschaften des Knorpels der Knorpelfische.

I. *Structur.* Das Gewebe des Knorpels bei den Knorpelfischen zeigt uns äufserst merkwürdige Verhältnisse. Bei einigen von ihnen, wie den Stören und Chimären, gleichen die permanenten Knorpel dem Knochenknorpel der höheren Thiere; die Cyclostomen unterscheiden sich zum Theil durch ein ganz eigenthümliches grobzelliges Knorpelgewebe, während die Plagiostomen verschiedene Arten des Knorpelgewebes, nämlich in gewissen Theilen das Knorpelgewebe der Störe und Chimären und mehrere Arten kalkhaltigen Knorpelgewebes besitzen. Ich habe im Allgemeinen zwei Arten des nicht ossificirten Knorpelgewebes bei zahlreichen Untersuchungen der Knorpelfische gefunden, das hyalinische mit Knorpelkörperchen, das zellenförmige oder spongiöse.

1) *Der hyalinische Knorpel.* Hierunter verstehe ich den fast durchsichtigen glasartigen Knorpel, jene Art des Knorpels, wie er schon bei den Knochenfischen vorkömmt. Aus diesem Knorpel bestehen die Knorpel der Störe und Chimären ganz. Bei beiden sieht man bald sparsame, bald häufige Knorpelkörperchen in dem Knorpel. Bei den Plagiostomen findet sich der hyalinische Knorpel mit Knorpelkörperchen im Innern der Knorpel, aber er liegt in der Regel nicht zu Tage, sondern ist mit einer undurchsichtigen Kruste von festem pflasterförmigen Knorpelgewebe bedeckt. Das Innere aller Knorpel der Haifische und Rochen besteht ganz aus hyalinischem Knorpel, mit Ausnahme der Wirbelkörper. Diese sind meistens aus einem viel härteren, ganz undurchsichtigen, ossificirten Knorpel gebildet, und es findet sich bei einigen in den Wänden des Wirbelkörpers blofs ein liegendes Kreuz von hyalinischem Knorpel, das man erst sieht, wenn man den Wirbel in der Mitte seiner Länge senkrecht quer durchschneidet. Die Schenkel dieses Kreuzes sind aufsen gegen die Oberfläche der Wir-

bel breiter, innen schmäler, das äufserste Ende der Schenkel des hyalinischen Kreuzes geht meist bis an die Oberfläche der Wirbel; das innere Ende der Schenkel des Kreuzes geht bis zur Mitte des Wirbelkörpers, aber die Schenkel vereinigen sich nicht, sondern sind durch einen harten Kern getrennt, der die zwei konischen hohlen Facetten des Wirbels von einander absondert. Von diesem Kern gehen seitlich vier dünne harte Leistchen zu der hyalinischen Substanz des Kreuzes. Um diesen innern durchsichtigen Knorpel der Wirbelkörper der Haifische zu sehen, braucht man nur bei einem Haifisch der Gattungen Carcharias, Mustelus, Zygaena einen Wirbel auf die angezeigte Art zu durchschneiden. Siehe Taf. IV Fig. 4 einen solchen Durchschnitt von Squalus mustelus. An getrockneten Skeleten sieht man auf dem Durchschnitt der Wirbel nur mehr die Höhlungen, in welchen die nun eingetrocknete hyalinische Substanz liegt. Aber man sieht an trocknen Wirbeln von Haifischen zuweilen vier Stellen, zwei oben, zwei unten, wo die Substanz des Wirbelkörpers offen erscheint. Die oberen liegen am Abgang der eigentlichen Bogenschenkel des Wirbels, die unteren am Abgang der Querfortsätze, die im Schwanze untere Bogen bilden. Bei Squalus cornubicus giebt es statt jener vier Stellen eine ganze Anzahl knorpeliger Stellen in der ossificirten Substanz des Wirbelkörpers, welche von der Oberfläche gegen das Centrum verdünnt vordringen. Bei anderen wieder bleibt die ganze Oberfläche des Wirbelkörpers knorpelig, und nur die Centraltheile des Wirbelkörpers um die hohlen Facetten sind ossificirt. So fand ich es bei den Haifischgattungen Centrina, Spinax, Scyllium. Daher fehlt bei diesen das hyalinische Kreuz, da der gröfste Theil des Wirbels hyalinisch ist. Beim Meerengel Squatina fand ich wieder eine andere Varietät. Aufsen ist eine Schicht von hyalinischem Knorpel am Körper der Wirbel und inwendig gegen die Höhle der Facetten ist Ossification in dün-

ner Schicht. Zwischen der äufsern und innern Schicht wechseln cirkelförmige Schichten von hyalinischem und ossificirtem Knorpel regelmäfsig ab.

2) *Zelliger oder spongiöser Knorpel.* Ich war sehr überrascht, bei den Cyclostomen wieder eine andere Knorpelformation zu finden. Bei Bdellostoma Müll. vom Cap, aus der Familie der Myxinoiden, bestehen die sehr festen Knorpel des Kopfes und Zungenbeins zwar aus einem in feinen Lamellen durchscheinenden Knorpel, in dem ovale Knorpelkörperchen zerstreut sind, so zwar, dafs die Zwischenstellen der Knorpelkörperchen sehr grofs sind und auf feinen Durchschnitten hyalinisch aussehen (Taf. IV Fig. 5); aber schon in den weichern Knorpeln von Bdellostoma wiegt die Zellenbildung so vor, dafs die Zellen gröfser werden als die Zwischenwände dick sind, und der Knorpel erscheint ganz cellulös, wie zum Beispiel die Masse des hintern weichen Theil des Zungenbeins. Es findet daher hier dasselbe Verhältnifs statt, wie bei den höheren Thieren zwischen permanenten Knorpeln mit Knorpelkörperchen und mit spongiöser Structur. Bei den Petromyzen aber sieht man an einem und demselben Stück den deutlichen Uebergang von Knorpelkörperchen in gröfsere Zellen. Macht man z. B. einen Durchschnitt durch die Dicke des Lippenrings von Petromyzon marinus und untersucht eine feine Lamelle von diesem Durchschnitt, so sieht man am Rande, wo die Substanz viel fester ist, auch wo gröfsere Kanäle durch den Knorpel gehen und dieser an den Wänden der Kanäle fester wird, im Innern des Knorpels die gewöhnlichen Knorpelkörperchen. Wo aber die Substanz weich wird, werden diese Körperchen gröfser und die Zwischenräume derselben kleiner; beides nimmt nun so zu, dafs endlich aus den Knorpelkörperchen ganz grofse, dicht an einander stofsende Zellen mit dünnen Zwischenwänden werden. Wo die Zellchen sehr klein und die Zwischenstellen des Knorpels gröfser sind, sind erstere undurchsichtiger,

letztere heller. Der Schatten, den die Wände der Zellen darstellen, macht diese dunkler. Wo aber die Höhlen der Zellen auf Kosten der Zwischensubstanz zunehmen, die Wände der Zellen zuletzt ganz dünn werden, da machen die Schatten der Wände die Zwischenbalken undurchsichtig und die Höhlen der Zellen erscheinen heller. Die Höhlen dieser grofsen Zellen kann man als solche übrigens sehr gut am Rande von Knorpelschnitten sehen, wo viele Zellen in der Mitte durchschnitten sind. Siehe Taf. IV Fig. 6.

Was in diesen Zellen enthalten ist, ist unbekannt. Die frischen Knorpel der Petromyzen sind sehr saftreich; leider habe ich indefs den Inhalt dieser Zellen im Frühling nicht untersuchen können. An in Weingeist aufbewahrten Thieren kann man höchstens etwas körnige, vielleicht geronnene Substanz im Innern des zelligen Gewebes sehen.

II. *Chemische Eigenschaften.* Chevreul [1]) hat eine sehr genaue Arbeit über den Knorpel von Squalus peregrinus geliefert. Der bläuliche, biegsame, hell durchsichtige Knorpel, den er untersuchte, und der gar keine abgesetzte Kalkerde, und nicht mehr Kalksalze als andere thierische Materie enthielt, kann nur der hyalinische Knorpel der Haifische gewesen seyn. Denn der pflasterförmige Knorpel auf der Oberfläche des hyalinischen und der faserige ossificirte Knorpel der Wirbelkörper anderer Haifische enthalten sehr viel Knochenerde. Chevreul's Untersuchung ist eine der musterhaftesten organisch-chemischen Arbeiten; gleichwohl hat man die Eigenschaften der thierischen Materie dieses Knorpels der Haifische nicht hinreichend kennen gelernt. Chevreul erhielt durch Kochen des Knorpels keinen Leim, und nach ihm bedarf das Gewebe das 1000fache Gewicht kochenden Wassers zur Auflösung. Das Gelöste wurde nicht von Galläpfelinfusion gefällt, und nur wenn die So-

1) *Ann. du mus. d'hist. nat. T. XVIII.*

lution sehr concentrirt war, bildete sich eine leichte Trübung, der keine Präcipitation folgte. Auch gelatinirte die Auflösung nach dem Abdampfen nicht. Was die Löslichkeit der Materie in Wasser betrifft, so scheint das Kochen nicht lange genug fortgesetzt worden zu seyn; denn die Knorpel von Haifischen lösten sich mir bei 36 bis 48stündigem Kochen gröfstentheils oder ganz in eine Materie, die nach dem Eindicken zwar nicht gelatinirt, aber leimt, und die in den mehrsten Punkten mit dem Knorpelleim der höheren Thiere übereinstimmt. Schon nach 17stündigem Kochen erhielt ich aus den Knorpeln von Squalus cornubicus so viel aufgelöst, dafs eine nähere Untersuchung angestellt werden konnte. Galläpfelinfusion trübt die Auflösung dieser Materie stark. Die Reagentien auf Chondrin zeigen auch hier eine Reaction; Essigsäure, Alaun, schwefelsaure Thonerde trüben oder fällen die Auflösung; essigsaures Blei bringt eine leichte Trübung hervor. Salzsäure bewirkt keine Trübung. Weingeist bringt eine geringe Trübung hervor, Platinchlorid fällt nicht, salpetersaures Silber und Goldchlorid machen die Auflösung des Extractes kaum trüb. Sublimat bewirkt einen geringen Niederschlag. Hieraus geht hervor, dafs in den Knorpeln der Knorpelfische das Chondrin der permanenten Knorpel der höheren Thiere enthalten ist, von dem sich die Materie in den Knorpeln der Knorpelfische nur dadurch unterscheidet, dafs sie nicht gelatinirt, sondern syrupartig nach dem Eindampfen bleibt, und dafs die Fällungen von den Reagentien des Chondrins hier weniger stark sind und mehr als starke Trübungen erscheinen. Ein solcher Unterschied kömmt aber schon unter den Extracten der permanenten Knorpel der höheren Thiere vor; denn das Extract der spongiösen Ohrknorpel gelatinirt nicht, obgleich es wesentlich mit dem gelatinirenden Chondrin der Kehlkopfknorpel, Rippenknorpel, Gelenkknorpel übereinstimmt. Dann gelatinirt auch der Knochenleim nicht immer, wie der von

Fischknochen, obgleich er chemisch ganz mit dem Tischlerleim übereinkömmt. Eine eiweifsartige Materie ist übrigens im Knorpel der Knorpelfische nicht enthalten. Was Essigsäure allmälig von jenem Extract löst, wird von rothem Cyaneisenkalium nicht gefällt, und auch die essigsaure Auflösung von hyalinischem Knorpel von Rochen wurde von diesem Salz nicht gefällt.

C. Structur und chemische Eigenschaften des ossificirten Knorpels der Knorpelfische.

I. *Structur.* Man würde sich sehr irren, wenn man das Skelet der Knorpelfische durchgängig für ganz knorpelig hielte. So ist es allerdings bei den Petromyzen. In einigen Gattungen von Haifischen, Centrina, Spinax, Scyllium, ossificirt der Wirbelkörper schon gegen die hohlen Facetten zu, und in anderen, Mustelus, Carcharias, Zygaena, ossificirt er gröfstentheils bis auf das schon beschriebene hyalinische Kreuz im Innern. Aber auch auf der Oberfläche des Skelets liegt bei den meisten Haifischen und Rochen eine ossificirte Schicht. Die ossificirten Knorpel bilden zwei Formationen.

1) *Der pflasterförmige kalkhaltige Knorpel.* Der pflasterförmige Knorpel kömmt nur bei den Haifischen und Rochen vor, bedeckt den hyalinischen Knorpel als eine härtere Kruste, und erscheint, mit Ausnahme der Wirbelkörper, an allen Knorpeln der Plagiostomen. Es besteht diese Kruste aus lauter kleinen, pflasterförmig zusammengestellten, entweder rundlichen oder unregelmäfsig sechseckigen, harten Scheibchen, oder sechseitigen Prismen, die sich leicht von einander ablösen. An den Kiefern und an allen stärkeren Knorpeln sind die Pflasterstückchen meist zu kleinen Prismen ausgezogen, aber bei den Zygaenen ist das ganze Pflaster an allen Knorpeln dicker. Die Scheibchen oder Prismen variiren an Breite von $\frac{1}{4}'''$ bis $\frac{1}{2}'''$ und mehr. Von dieser pflasterförmigen Rinde sind alle hyalinischen Knorpel der meisten

Plagiostomen geschützt; die Rinde fühlt sich hart, wenn man mit dem Messer darüber herfährt. Dieser harte Knorpel giebt den Skeleten der Plagiostomen nach dem Trocknen das weifse Aussehen. An der Wirbelsäule, wo die Wirbelkörper aufsen oft aus ganz festem, weder hyalinischem noch pflasterförmigem Knorpel bestehen, ist das Innere der Querfortsätze, Bogenschenkel und Dornfortsätze hyalinisch, und die Oberfläche dieser Theile daher pflasterförmig. Selten fehlt der pflasterförmige Ueberzug an den knorpeligen Bogenschenkeln, wie bei Squalus cornubicus, oder wo das Aeufsere der Wirbelkörper auch hyalinisch ist, an diesen, wie bei Squatina, Centrina oder auch an anderen hyalinischen Knorpeln, wie bei Centrina und Spinax. Bei den Rochen sind die Seiten eines grofsen Theils der Wirbel mit einer Leiste von hyalinischem Knorpel und dieser wieder mit pflasterförmigem Knorpel bedeckt. Hier, wo der vordere Theil der Wirbelsäule keine Wirbelkörper mehr enthält, und einen zusammenhängenden dünnen Knorpel, wie der Schädel darstellt, besteht dieser aus hyalinischem Knorpel und an den Oberflächen aus pflasterförmigem Knorpel, gerade so, wie das Pflaster an der äufseren und inneren Fläche der Schädelknochen vorkömmt.

Im Innern des hyalinischen Knorpels findet sich äufserst selten pflasterförmiger vor; doch habe ich davon ein Beispiel an dem hyalinischen Knorpel an der Seite des mittleren Theils der Wirbelsäule bei Myliobates aquila gesehen. Dieser hyalinische Knorpel war nicht blofs äufserlich mit Pflaster besetzt, sondern die frisch untersuchte hyalinische Substanz enthielt auch einige Knochenfasern, die aus würfelförmigen, an einander gereihten Pflasterknorpelchen bestanden.

Die mikroskopische Untersuchung der pflasterförmigen Knorpel ist sehr interessant. Hier zeigt sich nämlich sogleich, dafs diese Art Knorpel sehr zahlreiche Knorpelkörperchen enthält, die zum Theil in strahligen Linien

angeordnet sind. Siehe Taf. IV Fig. 7 von Myliobates aquila. Behandelt man die Scheibchen mit Säuren unter dem Mikroskop, so entwickeln sich viele Luftbläschen; es enthalten diese Knorpel wirklich viel von Kalksalzen, und fälschlich spricht man sie den Knorpeln der Knorpelfische überhaupt ab. Die Knorpelkörperchen, früher dunkel, werden durch Säuren durchsichtiger, zeigen sich aber noch immer deutlich mit ihrer ovalen Form. Zuweilen haben die pflasterförmigen Scheibchen dreieckige Lücken zwischen sich. Taf. IV. Fig. 8 *a.* Diese Lükken unterhalten die Verbindung des hyalinischen Knorpels mit den über dem pflasterförmigen Knorpel liegenden weichen Theilen. Schleift man die pflasterförmigen Stückchen, so sieht man bei auffallendem Licht in einigen Fällen, aber nicht in allen, einen weifsen Mittelpunkt, von welchem mehrere weifse Schenkel sternförmig ausgehen. Siehe Fig. 8 vom Unterkiefer eines grofsen Rochens. Beobachtet man bei durchscheinendem Licht, so sieht man nur Knorpelkörperchen ungefähr, wie Fig. 7. Diese Körperchen haben niemals die Kanälchen, welche bei den höheren Thieren von ihnen ausgehen. In den meisten Fällen ist die mikroskopische Ansicht des pflasterförmigen Knorpels wie in Fig. 7, welche Stückchen von Myliobates aquila darstellt. Wird pflasterförmiger ossificirter Knorpel gekocht, so bleibt er unverändert, selbst in mehreren Tagen, und die einzelnen Scheibche lnösen sich nur von einander ab und bilden ein grobes Pulver.

2) *Der ossificirte Knorpel der Wirbel.* Der ossificirte Theil der Wirbel erstreckt sich entweder nur auf den der Höhle der Facetten nahe liegenden Theil des Wirbelkörpers, wie bei Spinax, Centrina, Scyllium, oder wechselt mit hyalinischen Schichten ab, wie bei Squatina, oder reicht bis an die Oberfläche des Wirbels, wie bei Carcharias, Mustelus, Zygaena, Lamna, wo dann nur verschiedene Stellen im Innern des Wirbelkörpers in ra-

dialer Richtung hyalinisch bleiben. Diese Ossificationen sind so vollständig, wie bei einem Knochenfisch; aber aufser dem pflasterförmigen Knorpel giebt es am Skelet der Haifische und Rochen keine Theile, welche ossificiren, als die Wirbelkörper, und nur selten, wie bei Zygaena, ossificiren auch die Bogen der Wirbel. Das Gewebe dieser Knochensubstanz ist feinzellig oder spongiös; ich weifs nicht, ob hier die kleinen Höhlen geschlossen sind oder unter einander zusammenhängen. Nur am Rande und an der Höhle der Wirbelfacetten hat der Knochen eine faserige Structur, so zwar, dafs die Fasern hier und da zusammenzuhängen scheinen und in der Richtung der Peripherie des Wirbels verlaufen.

II. *Chemische Eigenschaften.* Die thierische Materie, welche in dem ossificirten Knorpel der Wirbelkörper enthalten ist, entfernt sich vom Knorpelleim und nähert sich einigermafsen dem gewöhnlichen Leim. Das nach Ausziehen der Kalkerde durch verdünnte Salzsäure, nach sehr langem Kochen erhaltene Extract aus Wirbelkörpern vom Hammerfisch, die vorher von allen knorpeligen Theilen vorsichtig befreit waren, wurde nicht von Essigsäure und Alaun gefällt. Das Extract gelatinirte nicht.

In Hinsicht des Kalkerdegehalts des Knorpels der Knorpelfische mufs man wohl zwischen dem hyalinischen und dem ossificirten der Haifische und Rochen unterscheiden. Chevreul fand in dem bläulichen halbdurchsichtigen Knorpel von Squalus peregrinus nur äufserst wenig Kalkerde.

Sowohl das Resultat der Analyse, als die Angabe, dafs der Knorpel bläulich, halbdurchsichtig und biegsam war, beweisen, dafs der von Chevreul untersuchte Knorpel blofs hyalinischer war. Der pflasterförmige Knorpel der Haifische und Rochen, und der ganz ossificirte Knorpel der Wirbelkörper dieser Thiere enthält aber sehr viel Kalkerde. Diefs liefs schon die Festig-